U.D.C. 55 (05)

地質調査所月報

第 17 巻　第 9 号

地化成技術研究所
昭和
41.11.29
図書

目　　次

報　文

M. Kawano, K. Takahashi & T. Nozawa : Petrochemistry of Minami-ōsumi Granite in the Uchinoura Area, Kyushu, Japan. ····· 1 (533)
松原秀樹：山梨県金峯山地域の花崗岩類とペグマタイト·····11 (543)
森　和雄，池田喜代治：仙台市南東部から福島県太平洋岸一帯の地域地下水について·····19 (551)
須田芳朗，細野武男：福島県勿来地区重力探査報告·····43 (575)

資　料

地質学の将来の展望（青木訳）

講演要旨

大涌谷変質帯および大涌川流水の地球化学的環境（伊藤・大久保）　物理探査法による箱根火山性地すべり地帯の研究(柴藤・室住・小林)　エネルギー資源について（春城）
超深層地下水について（福田）

工業技術院地質調査所

昭和 41 年 9 月

Kawano, M.
Takahashi, K.
Nozawa, T.

Petrochemistry of Minami-ōsumi Granite in the Uchinoura Area, Kyushu, Japan

Masaki Kawano, Kiyoshi Takahashi & Tamotsu Nozawa

地質調査所月報，Vol. 17, No. 9, p. 533～541，1966
7 illus., 3 tab.

Granitic rocks in the northern Uchinoura district bear common petrochemical features to the outer zone granite of the Southwest Japan, but, on the other hand, they are slightly different from other Minami-ōsumi granite and fall in a unique field in some variation diagrams, such as FeO: Na_2O+K_2O: MgO, Q: Or: Ab, etc.

552.3 (522.8)

Matsubara, H.

山梨県金峯山地域の花崗岩類とペグマタイト

松原 秀樹

地質調査所月報，Vol. 17, No. 9, p. 543～550，1966
3 illus., 4 pl., 2 tab.

金峯山塊は中生層を貫く花崗岩底盤を主体としており，構成する花崗岩類は岩種上いくつかに分けられ，山塊を NW–SE 方向に酸性—塩基性とほぼ累帯状の分布を示す。ペグマタイトはそのうち酸性岩の方により多く発達し，かつ晶洞性となって水晶その他の結晶鉱物を伴う。ペグマタイトの形態・構成鉱物は地区により若干の相違がある。

552.3 (521.51)

Mori, K.
Ikeda, K.

仙台市南東部から福島県太平洋岸一帯の地域地下水について

森 和雄・池田喜代治

地質調査所月報，Vol. 17, No. 9, p. 551～574，1966
15 illus., 3 tab.

被圧地下水の分布は，更新統の地層を対象とする名取川流域一帯，鮮新統の地層を対象とする太平洋側の大部分の地域，中新統の地層を対象とする角田盆地の3つに大別される。しかし全般的に集水面積・帯水層の透水性などからみて，それほど量的に恵まれた地域ではない。しかも太平洋に直接面することから，今後の集団的な大量揚水は，地下水の塩水化を招く可能性があり，充分な配慮が必要である。

551.49 (521.13+521.16)

Suda, Y.

福島県勿来地区重力探査報告 Hosono, T.

須田芳朗・細野武男

地質調査所月報, Vol. 17, No. 9 , p. 575～586, 1966

3 illus., 1 tab.

本調査地域の重力分布を明らかにして地下構造の大要を把握することができ，この結果炭田ガスと密接な関係をもつ基盤または第三系下部の隆起構造が推定され，今後のガス開発上の資料を得ることができた。

553.981：551.78（521.16）：550.831

Belousov, V.V.

地質学の将来の展望 tr. Aoki, H.

V.V. Belousov　青木　斌訳

地質調査所月報, Vol. 17, No. 9, p. 587～599, 1966

はじめに，地質学の発展史を概観し，古典地質学の限界の指摘を行なった。つぎに，鉱床探査などの実践的課題を解決するうえでも，内成過程――マグマの生成と運動，造構運動，変成作用などの成因と原動力に関する理論的研究の重要なことを指摘した。これらの目的を達するには，地質学，地球物理学，地球化学などを統一した新しい地球科学が必要である。これらの諸分野の統一を促がすうえで，当面の研究課題となるものと，その要員の教育の問題について検討を加えた

地化応技術研究所
図書
昭和
41.11.29

報　文

552. 3 (522.8)

Petrochemistry of Minami-ōsumi Granite in the Uchinoura Area, Kyushu, Japan

By

Masaki KAWANO, Kiyoshi TAKAHASHI & Tamotsu NOZAWA

Abstract

Granites in the southern area of the Osumi peninsula are divided into two, after potassium–argon age, despite of the similarity of geologic and petrographic characters. In the present paper, petrochemical characters of the northern Uchinoura area are described.

It is concluded that "Uchinoura type" granite bears common petrochemical features to the Outer Zone granite of Southwest Japan, but is somewhat unique as shown in various diagrams, apart from other Minami-ōsumi granite.

Scope of the present paper

In the southern area of the Osumi peninsula, there are exposed widely granitic rocks which are intruded into "Shimanto group," late Mesozoic or early Tertiary. They are similar and closely related to each other in geologic and petrographic characters and have been believed to belong to the same plutonism. Recently potassium–argon age determination was carried out on three samples from these granitic rocks. The results are not the same; about 14 million years for the sample from Mizushiri in the northern part of the Minami-ōsumi area (southern Osumi peninsula) and about 21 million years for the sample from Manguro and Tashiro in the southern part (MILLER, SHIBATA & KAWACHI, 1962 and KAWANO & UEDA, 1965).

Therefore, petrographic differences between the northern and southern parts are hoped to be pursued. But, the difference and boundary corresponding to the different isotopic ages are not yet clear. In the present paper, the writers intend to elucidate petrochemical character of the northern part of the Minami-ōsumi granite, especially in the northern Uchinoura district.

Minami-ōsumi granite in the Uchinoura district

The Minami-ōsumi granite in this district is composed mainly of adamellite, granodiorite, granite in narrow sense, tonalite and aplite. Among them adamellite and granodiorite are most dominant, on which chemical analysis was carried out. The granite is intruded into shale and sandstone formation of the Shimanto group discordantly with sharp contact, giving thermal metamorphism to the latter. Biotite clot is contained abundantly throughout the rock. Inclusions are not so abundant but inclusions derived from pelitic metamorphic rocks such as muscovite schist, garnet-bearing biotite schist, spinel-corundum rock, sillimanite-andalusite-muscovite schist, etc. are conspicuous. Tourmaline is a common accessory constituent of the aplite and pegmatite.

After OBA (1960), there are three facies in the Minami-ōsumi granite; hornblende-rich granodiorite, dark-colored fine-grained biotite granodiorite and light-colored granodiorite. Granitic rocks in the northern Uchinoura district are mostly light-colored granodiorite, probably referred to "Uchinoura type" after OBA (1963).

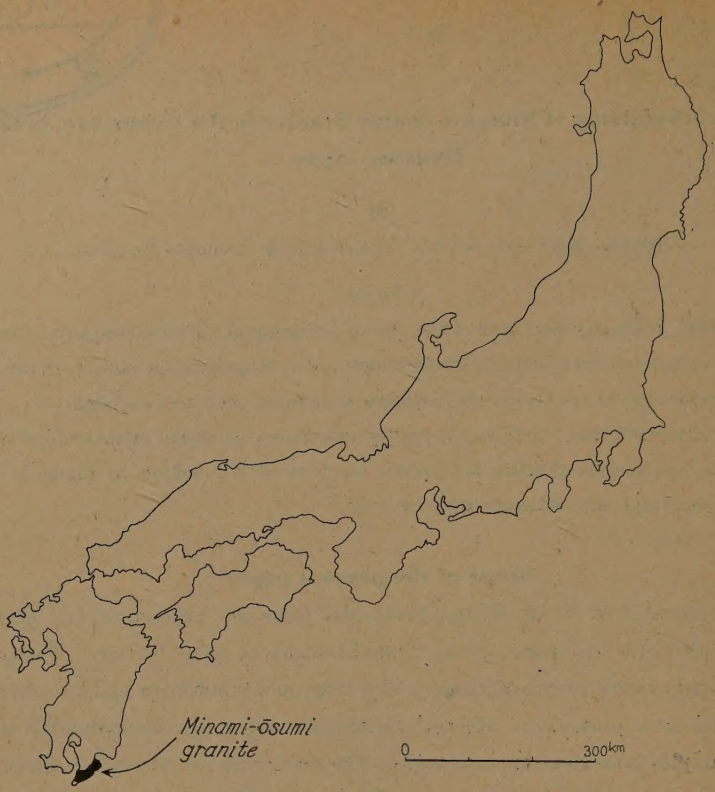


Fig. 1 Index to the Minami-ōsumi granite area

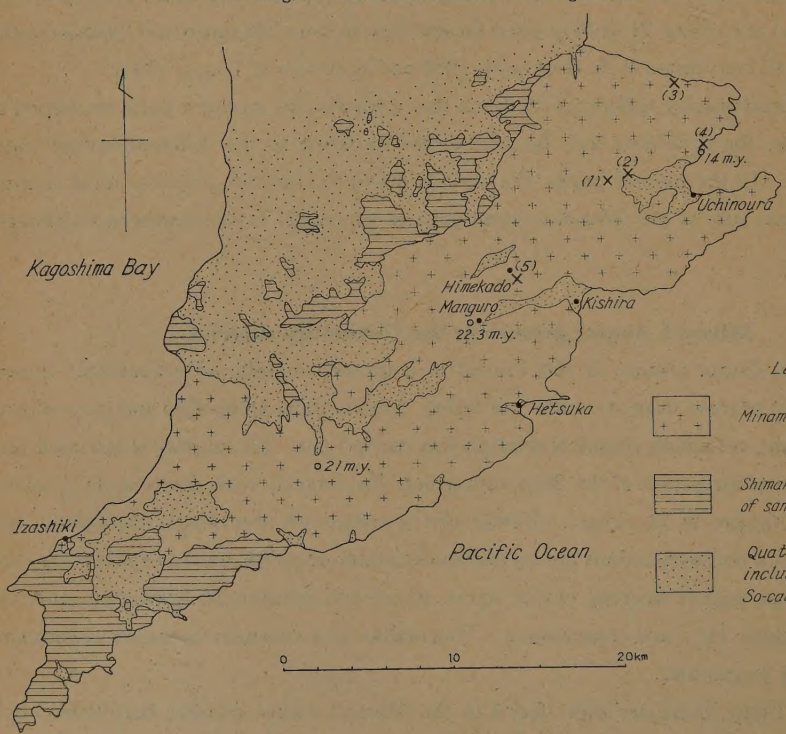


Fig. 2 Geologic map of the Minami-ōsumi granite area and sample localities for chemical analysis and potassium-argon age determination
(Key: Cross……Sample locality for chemical analysis.
Open circle……Sample locality for potassium-argon age determination.)

Description of the analysed samples

(1) Porphyritic medium-grained granodiorite (TN62030801)

Sakamoto, Uchinoura-cho, Kimotsuki-gun, Kagoshima pref.

It is light-colored, non-gneissose, homogeneous, to the naked eye. Under the microscope, however, it has somewhat complicated structure in which porphyritic crystals of plagioclase are embedded in fine-grained matrix composed mainly of plagioclase, quartz, microcline and biotite. Small quantities of apatite, iron ore and zircon are contained, too. Biotite is flaky, 0.5–1.0 mm across, giving pleochroism; X: colorless or pale brown, Y, Z: reddish brown. Porphyritic plagioclase is idiomorphic, long prismatic, 0.5–6.0 mm long, and zoned repeatedly. Its composition is oligoclase on its rim. Fine-grained plagioclase is hypidiomorphic and oligoclase in composition, too. Microcline is allotriomorphic, 2–3 mm across, and often gets larger in phenocrystic form.

(2) Porphyritic adamellite (TN62030711)

Magome, Uchinoura-cho, Kimotsuki-gun, Kagoshima pref.

It is similar to (1), but contains phenocrystic microcline as well as relatively fine-grained microcline in the matrix more abundantly.

(3) Porphyritic medium-grained granodiorite (TN62030706)

Igatani, Kōyama-cho, Kimotsuki-gun, Kagoshima pref.

Quite similar to (2), but phenocrystic microcline is not so conspicuous as (2).

(4) Porphyritic adamellite (TN62022403A)

Tarumizu, Uchinoura-cho, Kimotsuki-gun, Kagoshima pref.

It is similar to (3), but microcline increases in phenocryst as well as in the matrix. Phenocrysts of plagioclase, 2–3 mm across, are contained, too.

(5) Adamellite (TN62022001)

Himekado, Uchinoura-cho, Kimotsuki-gun, Kagoshima pref.

It is similar to (4), but is coarser-grained and porphyritic character is not so conspicuous. Colorless hornblende is rarely contained in the core of biotite crystal or center of biotite clot.

(6) Porphyritic medium-grained adamellite (TN64030405)

Hetsuka, Uchinoura-cho, Kimotsuki-gun, Kagoshima pref.

It is similar to (3), except more abundant development of phenocrystic microcline, 3–4 mm across. Biotite is flaky, 0.2–1.0 mm; plagioclase, 0.5–0.8 mm; quartz, 0.3–0.8 mm across.

Chemical composition of the Minami-ōsumi granite, Uchinoura type

(a) Major constituents

Features of the major constituents of the Uchinoura type-granodiorite and adamellite are mostly common to the "Outer Zone granite" of Southwest Japan, such as K_2O surpassing Na_2O or FeO surpassing CaO.

The Uchinoura type is relatively homogeneous in chemical character. Its variation is restricted to a narrow and unique field among the Minami-ōsumi granite in various diagrams. As seen in Fig. 3, its Differentiation Index ranges narrowly from 71 to 74. In Fig. 4, $FeO:Na_2O+K_2O:MgO$ diagram, its points fall approximately on a line comparable to the calc-alkali volcanic rocks' average, from a point, $FeO:Na_2O+K_2O:MgO = 32:56:12$ to another point, 42:43:15. In Fig. 5, normative Q:Or:Ab, its points fall in a narrow area, in the vicinity of a

point, Q: Or: Ab = 40:30:30, which lies slightly on Ab-poorer side than other Minami-ōsumi granite. Some of these features correspond to the petrographic characters; for instance, relative abundance of K_2O coinsides well with the predominance of potassium feldspar which occurs replacing the plagioclase as well as in phenocrystic form.

Table 1 Chemical composition of the granodiorite and adamellite of Uchinoura type— Major component, in weight percentage

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(A)	(B)
SiO_2	66.76	66.90	67.34	67.78	67.60	66.76	67.28	69.17
TiO_2	.66	.66	.59	.64	.54	.70	.62	.39
Al_2O_3	15.40	15.73	16.05	15.29	15.48	15.73	15.59	15.00
Fe_2O_3	1.12	.59	.54	.42	.80	.79	.69	1.05
FeO	3.27	3.66	3.59	3.90	2.84	3.66	3.45	2.48
MnO	.06	.08	.08	.08	.06	.09	.07	.10
MgO	1.50	1.52	1.43	1.45	1.35	1.58	1.45	1.15
CaO	2.98	3.07	3.03	2.83	3.04	3.30	2.99	3.15
Na_2O	2.84	2.73	2.52	2.18	2.76	3.05	2.61	3.45
K_2O	3.69	3.45	3.42	3.94	3.60	2.92	3.62	3.01
P_2O_5	.15	.12	.15	.11	.08	.14	.12	.13
$H_2O(+)$	1.33	1.25	1.01	1.21	1.19	.66	1.20	.74
$H_2O(-)$	.16	.18	.18	.16	.18	.23	.17	.30
Total	99.92	99.94	99.93	99.99	99.52	99.61	99.86	100.12
		(Norm)						
Q	25.98	26.76	28.80	29.46	27.96	26.27	27.85	27.97
C	1.63	2.14	3.06	2.55	1.84	1.55	2.57	0.64
Or	21.70	20.59	20.03	23.37	21.15	17.25	21.37	17.81
Ab	24.12	23.07	21.50	18.35	23.59	22.50	22.03	29.20
An	13.91	14.46	14.19	13.35	14.19	16.40	13.95	14.77
Sal. tot.	87.34	87.02	87.58	87.08	88.73	83.97	87.77	90.39
En	3.71	3.81	3.61	3.61	3.11	3.94	3.61	2.86
Fs	4.22	5.28	5.41	5.80	3.83	4.70	4.87	3.22
Mt	1.62	.93	.70	.70	1.16	1.83	1.00	1.53
Il	1.21	1.21	1.06	1.21	1.06	1.34	1.18	.74
Ap	.34	.34	.34	.34	.34	3.36	.30	.30
Fem. tot.	11.10	11.57	11.12	11.66	9.50	15.17	10.96	8.65
Tot.	98.44	98.59	98.70	98.74	98.23	99.14	98.73	99.04

(1)-(6), See the text, "description of the analysed samples."
(A) Average of (1)-(5).
(B) Average of granitic rocks in Japan (SiO_2>55%) after HATTORI et al. (1960)
Analyst: Masaki KAWANO

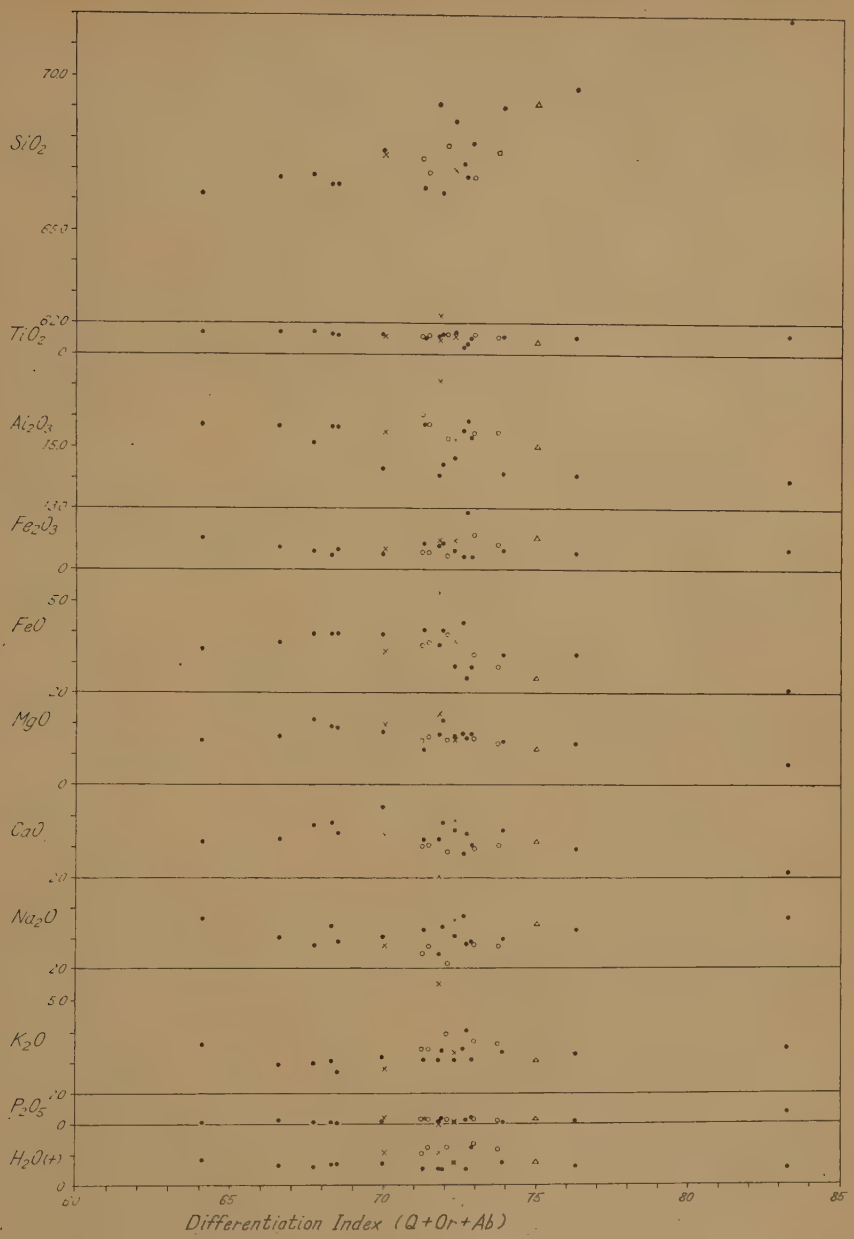


Fig. 3 Variation diagram of major components vs. Differentiation Index, on the Minami-ōsumi granite, including Uchinoura type.

(Ordinate...Oxides in weight percentage.
Abscissa...Differentiation Index (Normative Q+Or+Ab).

Key: Open circle .....Uchinoura type.
Solid circle .....Other Minami-ōsumi granite.
Cross .....the same as solid circle, employed to discriminate two points on the same Differentiation Index.
Triangle .....Average of granitic rocks in Japan (SiO_2 55%) after HATTORI et al. 1960.)

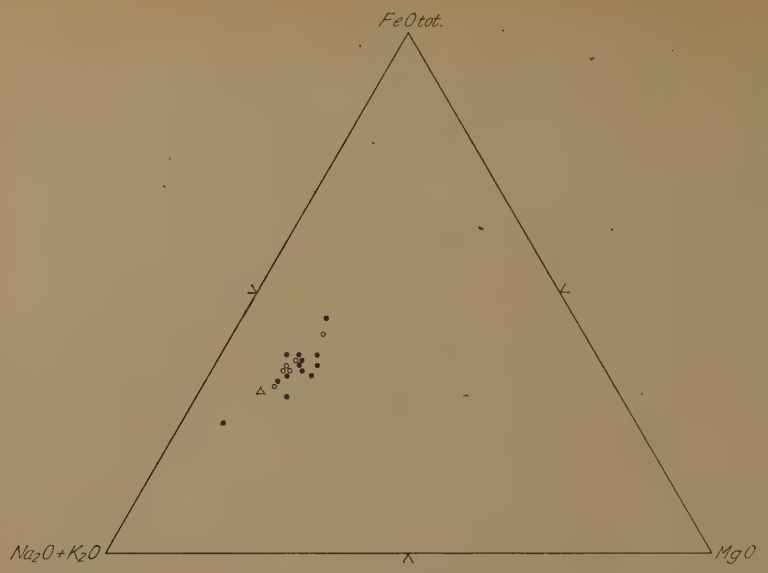


Fig. 4 Triangular diagram, FeO tot.: Na_2O+K_2O: MgO, on the Minami-ōsumi granite, including Uchinoura type.
(Key: the same as Fig. 3.
Following points are overlapped:)

FeO tot.	: Na_2O+K_2O	: MgO	
35	: 53	: 12	...three points.
32	: 56	: 12	...two points.
35	: 50	: 15	...two points.
33	: 55	: 12	...two points.

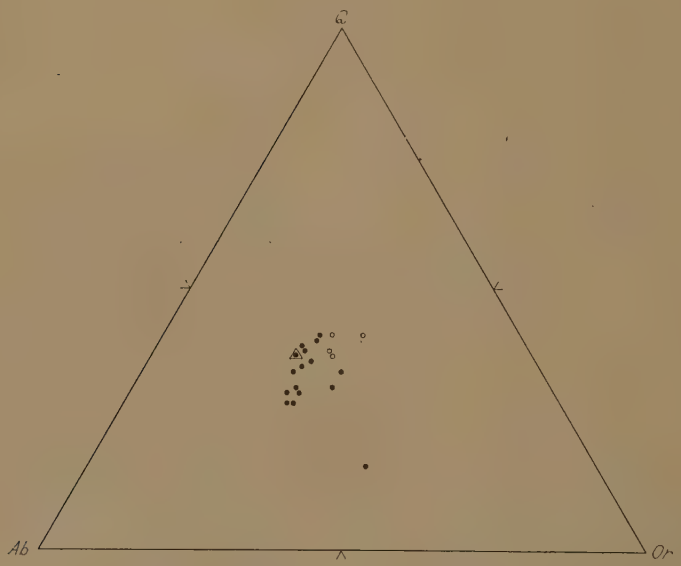


Fig. 5 Triangular diagram, Normative Q : Ab: Or, on the Minami-ōsumi granite, including Uchinoura type.
(Key: the same as Fig. 3.
Following points are overlapped:)

Q	: Ab	: Or	
38	: 37	: 25	...two points.
26	: 47	: 27	...two points.
25	: 49	: 26	...two points.
38	: 33	: 29	...two points.

Table 2 Chemical composition of the granodiorite and adamellite of Uchinoura type —Minor component, in ppm.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Li	120	80	90	140	110
Rb	300	230	250	280	230
Sr	120	120	140	100	120
Ba	450	420	480	400	320
Ni	10	12	12	8	8
Co	10	12	10	12	8
Cr	18	25	18	28	20
V	70	120	90	110	70
Pb	35	35	25	30	25
Ga	78	23	20	25	23
B	—	12	—	8	—
Cu	30	40	35	30	25

(1)–(5) correspond to those in Table 1
Analyst: Kiyoshi TAKAHASHI

The Uchinoura type is distinctly unique in MgO–H_2O(+) relation*. In Fig. 6, MgO–H_2O (+) diagram, its points fall in a restricted area, in the vicinity of a point, MgO, 1.5%; H_2O (+), 1.2%, apart from other Minami-ōsumi granite.

(b) Minor constituents

Minor constituents are analysed spectrochemically by DC arc method using JACO 3.4 stigmatic grating spectrograph (Table 2).

The minor constituents, just like the major constituents, fall in a narrow range of variation respectively (Fig. 7). They follow after their replaceable major constituents, so that ratios of the minor to major constituents converge in quite narrow range (Table 3). Such convergency may partly due to the simplicity of rock forming minerals; for instance, the mafic mineral is mostly biotite in which relations of minor constituents such as Li, Ni, Co, Cr, to their replaceable major constituents, Mg and Fe, are supposed to be constant.

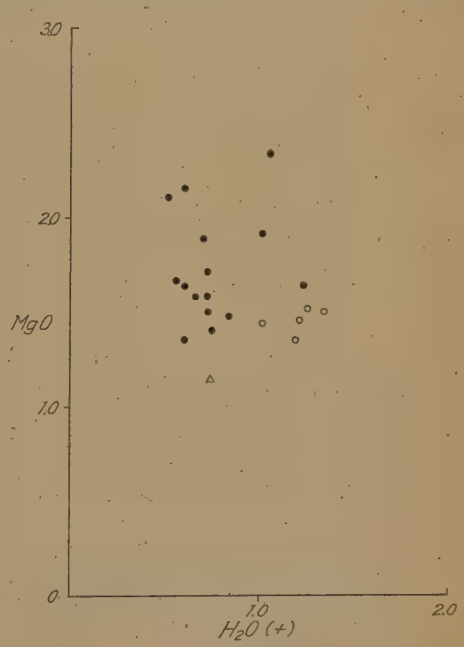


Fig. 6 Relation between MgO vs. H_2O(+), in weight percentage, on the Minami-ōsumi granite.
(Key: the same as Fig. 3.
Following point is overlapped: MgO–1.89: H_2O–0.70....two points.)

* The meaning of MgO–H_2O(+) relation will be soon discussed in a separate paper by one of the writers, T. NOZAWA.

Table 3 Ratios of minor to major constituents in the granodiorite and adamellite of Uchinoura type

Ratio	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Li/Mg	13.3	8.6	10.5	16.1	13.6
Li/Mg+Fe	2.9	1.9	2.2	3.3	3.1
Rb/K	9.8	8.0	8.8	8.6	7.7
Sr/Ca	5.6	3.9	6.5	5.0	5.5
Ni/Mg	1.1	1.3	1.4	0.9	1.0
Ni/Mg+Fe	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
Co/Mg+Fe	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
Cr/Mg+Fe	0.4	0.6	0.4	0.7	0.6
Ga/Al	1.0	0.3	0.2	0.3	0.3
Pb/K	1.2	1.2	0.9	0.9	0.8

(1)–(5) correspond to those in Table 1, 2

In comparison with other granitic rocks in Japan (e.g. OKADA, 1955), the granodiorite and adamellite of Uchinoura type, bear some characteristic features. Ba, Sr and B contents are relatively low. Especially, low content or vacancy of B is conspicuous and is seemingly peculiar, as tourmaline is abundant in the aplite characteristically. Probably, B might have concentrated into aplite from the granodiorite too exceedingly.

The relative abundance of Li may be due to abundance of biotite in the granodiorite, as Li is, by some instances, (e.g. HEIER & TAYLOR, 1959), low in potassium feldspar, so that Li may mostly concentrate in biotite.

Roughly speaking, as for the minor constituents, the granodiorite and adamellite of Uchinoura type are similar to common andesite (SiO_2 60–65%), with a little higher contents of Ni, Co, Cr and V.

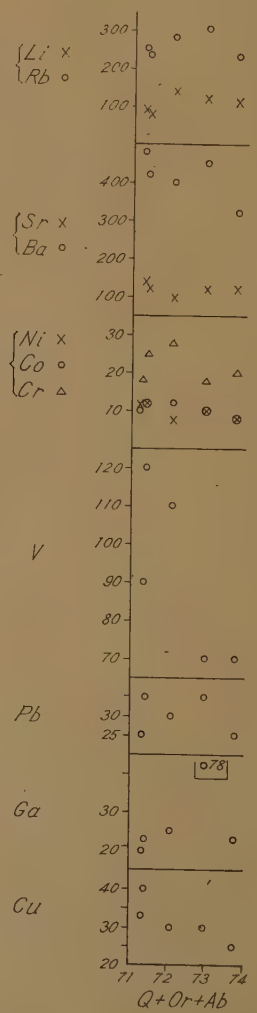


Fig. 7 Variation diagram of minor constituents vs. Differentiation Index, on the granodiorite and adamellite of Uchinoura type.
(Ordinate: minor constituents in ppm.
Abscissa: Differentiation Index.
Key: the same as Fig. 3.)

Literature

Hattori et al. (1960): On the chemical composition of granitic rocks in Japan. *Rep. International Geol. Congr.*, 21 Session, Norden 1960, Part 14, p. 40–46.

Heier, K.S. & Taylor, S.R. (1959): Distribution of Li, Na, K, Rb, Cs, Pb and Tl in southern Norwegian Precambrian alkali feldspars. *Geochim. et Cosmochim. Acta.*, vol. 15, p. 284–304.

Kawano, Y. & Ueda, Y. (1965): K–A dating on the igneous rocks in Japan (II). *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 3rd Ser., vol. 11, no. 2, p. 119–215.

Miller, J.A. et al. (1962): Potassium argon ages of granitic rocks from the outer zone of Kyushu, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 13, no. 8, p. 712–714.

Oba, N. (1960): The southern Osumi granite. Miscellaneous Rep. Research Inst. Natural Resources. no. 52–53, p. 127–135. (in Japanese with English résumé)

Oba, N. (1963): Chemical composition of the Kyushu outer zone granitic rocks. *Sci. Rep. Kagoshima Univ.*, no. 12, p. 35–51.

Okada, S. (1955): Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces. Part III, *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku*, Sect. C, no. 32, p. 163–184.

内之浦地域の南大隅花崗岩の岩石化学

川野 昌樹　高橋 清　野沢 保

要　旨

九州・大隅半島南部に分布する花崗岩類は，南大隅花崗岩として一括される。内之浦北部の花崗岩は，一連の類似性をもち，南大隅花崗岩類のなかでも，独自の成分分布をもつようである。ただし，九州の西南日本外帯花崗岩の一般的特性をもっていることにかわりはない。

552.3 (521.51)

山梨県金峯山地域の花崗岩類とペグマタイト

松原　秀樹*

Granites and Pegmatites in the Area of Mt. Kimpu-zan, Yamanashi Prefecture

By

Hideki Matsubara

Abstract

Mt. Kimpu-zan and its neighbouring mountains are composed of granite batholith which intrudes Mesozoic formations. The granites can be classified into several groups from their petrographic characters, and are distributed zonally from acidic in the northwestern part of the mountain to basic in the southeastern part.

Pegmatites in this area are distributed universally in granites and Mesozoic formations though they develop especially well in acidic granites. They are in the forms of irregular pocket, vein or mass, and are classified mineralogically into the followings:

(1) those consisting of quartz, K-feldspar and muscovite
(2) those consisting of quartz, associated with muscovite
(3) those consisting of quartz, associated with metallic minerals such as scheelite, molybdenite, chalcopyrite etc.
(4) those consisting of quartz alone

Most of these pegmatites have cavities, in which mineral crystals occur. Mineral paragenesis and the crystal habit of quartz are different in different pegmatites.

要　旨

金峯山塊は中生層を貫く花崗岩底盤を主体としており，構成する花崗岩類は岩種上いくつかに分けられ，山塊の北西部から南東部に向かって酸性から塩基性となりほぼ累帯状に分布している。

ペグマタイトは中生層を含め花崗岩類全般にわたって分布しているが，とくに酸性の花崗岩類によく発達しており，形態的には不定形小塊状（ポケット状）・脈状あるいは岩塊状を呈し，構成鉱物からは(イ)石英・カリ長石および白雲母からなるもの　(ロ)石英を主とし白雲母を伴うもの　(ハ)石英を主とし灰重石・輝水鉛鉱および黄銅鉱などの金属鉱物を伴うもの　(ニ)単純石英脈に分けられる。その多くは晶洞性であって，水晶・その他の結晶鉱物を伴うが，地区により鉱物の種類・水晶の晶相などに特徴がある。

1. はしがき

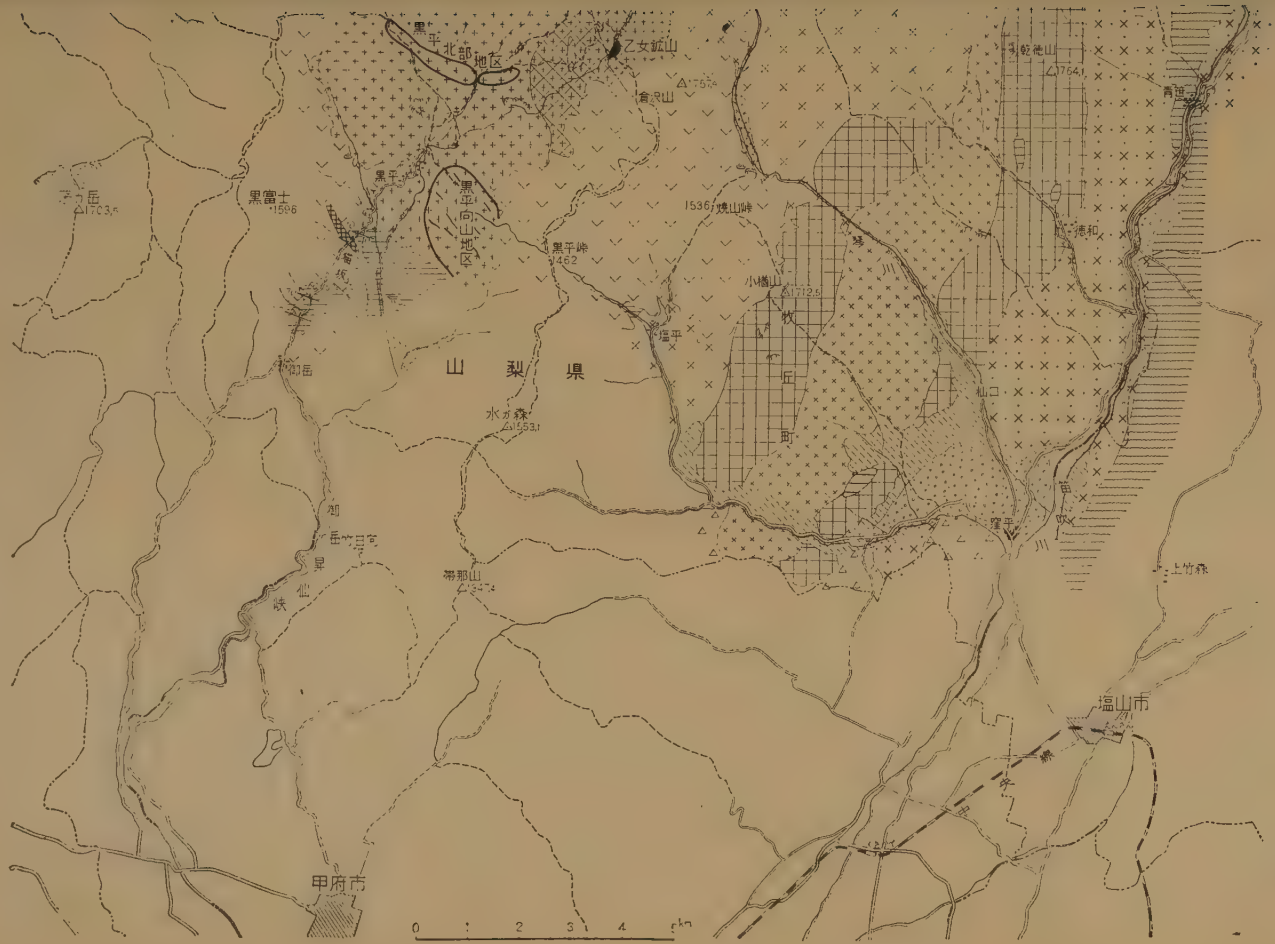
山梨・長野両県にまたがる金峯山は，古くから本邦における代表的な水晶産地として知られている。しかし鉱物の分布および産状は1部を除いてほとんど明らかでなく，また地質も詳細に知られていない。

筆者は，短期間，数回にわたって当地域の地質と鉱物について部分的に調査したことがあり，たまたま昭和40

第1図　調査位置図

* 地質部

埼玉県
長野県
川上村
須玉町
三富村
甲武信岳
国師ヶ岳
朝日岳
金峰山
小川山
瑞牆山
八幡山地区
水晶峠地区
松木尾根
三富鉱山
千曲川
大深山
梓山
小海線



第２図　金峯山地域の地質

年3月，公益事業局の委嘱で約10日間地域内数カ所の地質概査を行なったので，金峯山南斜面（山梨県側）の花崗岩類とペグマタイトについてこれまでの結果をとりまとめて報告する。

2. 地　形

金峯山塊は海抜 2,595mの金峯山を主峰とする急峻な山地で，南に面する甲府盆地より 2,500mの比高をもっている。この山塊の西は八ケ岳火山群の広大な裾野に接し，北および東はそれぞれ千曲川・笛吹川を境とし秩父・丹波山地と連なっている。

山稜の方向はほぼ東西とこれに交じわる北北東一南南西が強くあらわれ，顕著な菱形地形を呈する。

山塊の西麓から南麓にかけて海抜 1,800m以下ではあるが不調和にそばだつ横尾山・茅ケ岳・黒富士および水ケ森などの山々があるが，これらの山はいずれも鮮新世後半ないし第四紀の火山岩類からなっている。

河川はときに深い峡谷をつくるが，多くは幅広いU字谷となっており，それに沿って高低2段の段丘が発達し，甲府盆地に至って広大な扇状地が形成されている。

3. 地質の概要

金峯山塊の中央主部を構成する花崗岩類は，その周辺に分布する中生層（小河内層群および小仏層群）を貫き，またはこれをルーフペンダント状に山頂などの高所に取りかこむ。これを覆って西部および南部に鮮新世～第四紀の火山岩類が分布している（第2図）。

3.1 花崗岩に貫かれる中生層

当地域の北半部，すなわち千曲川に沿い分布する堅硬な厚い板状砂岩層・砂岩頁岩互層およびそれに挟まれるチャートからなる一連の地層は，奥多摩地域の小河内層群の西方延長とみなされ，全般的に走向WNW，傾斜Nである。本層は梓山の南方および川端下付近で花崗岩と接触するが，その接触部に規模のかなり大きなスカルン帯が生成されている。

当地域の南半部に分布する砂岩層・砂岩頁岩互層および頁岩層は，丹波地域の小仏層群の西方延長とみられ，一般的に走向WNW，傾斜Nであるが，個々の地区では複雑な構造を示している。笛吹川流域・主稜山頂部では主として細粒砂岩からなるが，広範囲にわたって著しくホルンフェルス化している。荒川流域の猫坂付近では頁岩層からなり，塩川上流地区では薄板状の砂岩と頁岩との互層が主で，これにやや厚い塊状砂岩が挟まれている。ここでは花崗岩に接する至近の部分のみがホルンフェルス化している。

小河内層群および小仏層群とみられるこれらの地層に対する花崗岩の影響は地区によりかなりの差があり，全般的に東側あるいはルーフペンダント状部分により強く，より広範にわたりあらわれ，西方に次第に弱くなっている。

3.2 花崗岩類

中生層を貫く花崗岩類は広い地域を占めて露出し，その岩相は地域的に変化している。ほぼ御岳昇仙峡と国師岳とを結ぶ線以西では優白質粗粒の黒雲母花崗岩が分布し，その西端部の塩川の支流本谷川流域から金峯山・朝日岳の稜線帯の高所ではアプライト質もしくは石英斑岩となり，とくにここでは石英が著しく斑晶状となる。

昇仙峡一国師岳以東の地域では種々の花崗閃緑岩が分布している。

牧丘町塩平付近では大型の角閃石を特徴とする角閃石花崗閃緑岩が分布し，笛吹川上流域では黒雲母花崗閃緑岩がホルンフェルスをルーフペンダントとして広くあらわれている。この黒雲母花崗閃緑岩は中粒のやや優白質のものから細粒の優黒質のものまで岩相変化がはげしく，また角片状ホルンフェルス・細粒閃緑岩などを捕獲し，ときにその量がおびただしい。

さらに笛吹川支流の徳和川・琴川および鼓川中流をむすび，変質する安山岩とこれを貫く細粒の角閃石石英閃緑岩がサンドウィッチ状となってNNE—SSW方向に延びて分布している。

以上の各岩石分布を総括すると，NW—SE に向かって

アプライト質花崗岩
黒雲母花崗岩
花崗閃緑岩
角閃石花崗閃緑岩
｛ 変質安山岩
｛ 角閃石石英閃緑岩
｛ 変質安山岩
黒雲母花崗閃緑岩

の順で，ほぼ酸性から塩基性へと累帯状に配列している。これらの岩石相互の関係では，変質安山岩には各所でホルンフェルス岩体がみられ角閃石石英閃緑岩には変質安山岩が捕獲されており，（徳和部落における大きな転石でみられる，図版1），黒雲母花崗閃緑岩・角閃石花崗閃緑岩にはともに塩基性の捕獲岩のきわめて多いことから，貫入の前後関係については

後 花崗閃緑岩類
↑ 角閃石石英閃緑岩
先 変質安山岩
小仏層群

の順とみられる。花崗閃緑岩類・黒雲母花崗岩・アプライト質花崗岩における関係は1部では漸移とみられるが全体的にはまだ資料に乏しく不明である。

時代については，柴田[3]は化学成分から黒雲母花崗岩・花崗閃緑岩は白亜紀・石英閃緑岩は中新世と2つの貫入期を推定している。一方，これまで多くの考えは第三紀としており，最近，角閃石石英閃緑岩が中新世の変質安山岩を貫く事実も報告[6]されている。

筆者の考察範囲では小仏層堆積後とされるのみで確証はない。しかし，花崗岩に伴うペグマタイトより含ボロン鉱物（電気石・斧石）が各地でみいだされ，それが西南日本外帯の花崗岩の特徴と共通する点から第三紀の可能性が強いと考えられる。最近，河野・植田によるK—A絶対年代測定[5]によれば，昇仙峡の黒雲母花崗岩・塩山北方柚口の黒雲母花崗閃緑岩は $8\sim9\times10^6$ 年（前期鮮新世）を示し，第三紀説を裏書きする結果がでている。

3.3 花崗岩を覆う火山岩類

新期の火山岩類は西部から南部の山塊中腹以下に分布し，その基盤面は起伏に富んでおり，当時の河川に削られていた状態を示している。

塩川上流地域では，花崗岩の礫および砂のみからなる厚さ50m以上の未固結の礫層が分布上不規則に発達しており，一見，段丘堆積物様を呈する。この礫層は火山岩類の下部を占めるもので，その上は漸次凝灰質となり，さらに角閃石安山岩・凝灰角礫岩に移化し，その最上部には輝石安山岩が地形上の高所を占めてほぼ水平に分布している。

荒川中流地域の火山岩類は第四紀初めに活動した茅ケ岳火山の噴出物の1部であり，角閃石安山岩・軽石流堆積物・凝灰角礫岩および凝灰岩を主として火山礫層をはさみ，大規模（幅30m以上，延長1km以上）な安山岩岩脈に貫かれている。この噴出物も1部では旧河道を埋めている状態を示している。

山塊の各河川には，それに沿って高低2段の段丘がよく発達し，花崗岩・中生層の砂岩および頁岩，ときに安山岩類を含む未固結の砂礫からなる。

4. ペグマタイト

4.1 分布と形態

金峯山塊の花崗岩類にはペグマタイト・ペグマタイト質石英脈およびアプライトなどの岩脈がきわめてよく発達しており，ほとんど全般にわたって分布している。また周辺の中生層にも貫入することもあって，その範囲は北は千曲川をへだてて川上村大深山付近，東は丹波山地大菩薩嶺にまでおよんでいる（第3図）（図版2，3）。

その産出頻度と母岩との関係をみると，黒雲母花崗岩・アプライト質花崗岩にもっとも多く存在し，次いで花崗閃緑岩，さらにその他の岩類の順に減少し，花崗岩類のより塩基性のものほど頻度が低い。

これらのペグマタイトのあり方を形態的に大別すると

1） ポケット状，すなわち岩石中にごく小型となってほぼ球状を呈するもの。あるいは出入りの多い不規則性の小塊状で連続性が認められないもの。

2） 脈状となってある程度連続性がみられるもの。

3） 岩塊状を呈し規模の大きなもの。

に分けられる。

ポケット状のペグマタイトは主としてアプライト質花崗岩～黒雲母花崗岩地域の高地帯に分布し，脈状のものはその範囲を拡げて各地にみられ，岩塊状のものは花崗岩と中生層との境界近くに発達している。なお，ペグマタイト脈状の方向は黒雲母花崗岩では花崗岩類の帯状構造の方向に直交することが多い。

この地域のペグマタイトは一般に共通して晶洞性ペグマタイトで，ポケット状のものはつねに晶洞を中心に粗粒化したような状態を示し，脈状のものでは晶洞は脈の伸長方向に扁平状に断続し，粗粒部がそれを包むようにしてのび，その晶洞部分では脈は肥厚している。岩塊状のものでは晶洞は形および賦存の状態は不規則である。

4.2 構成鉱物

当地域のペグマタイトから産する鉱物は現在約40種が知られている。これらの鉱物の分布・晶出の状態は各地区との間にかなりの変化がある（第1表）。

主構成鉱物からこの地域のペグマタイトは

a） 石英・カリ長石および白雲母からなるもの

b） 石英を主として白雲母を伴うもの

c） 石英を主としタングステン・モリブデン・銅などの金属鉱物を伴うもの

d） 単純石英脈

に分けられるが，全般に石英がつねにその主体である。また，アプライト質花崗岩および黒雲母花崗岩中では鱗状の白雲母の存在がとくに著しい。

その他の鉱物では次のようなことが分布上特記される。

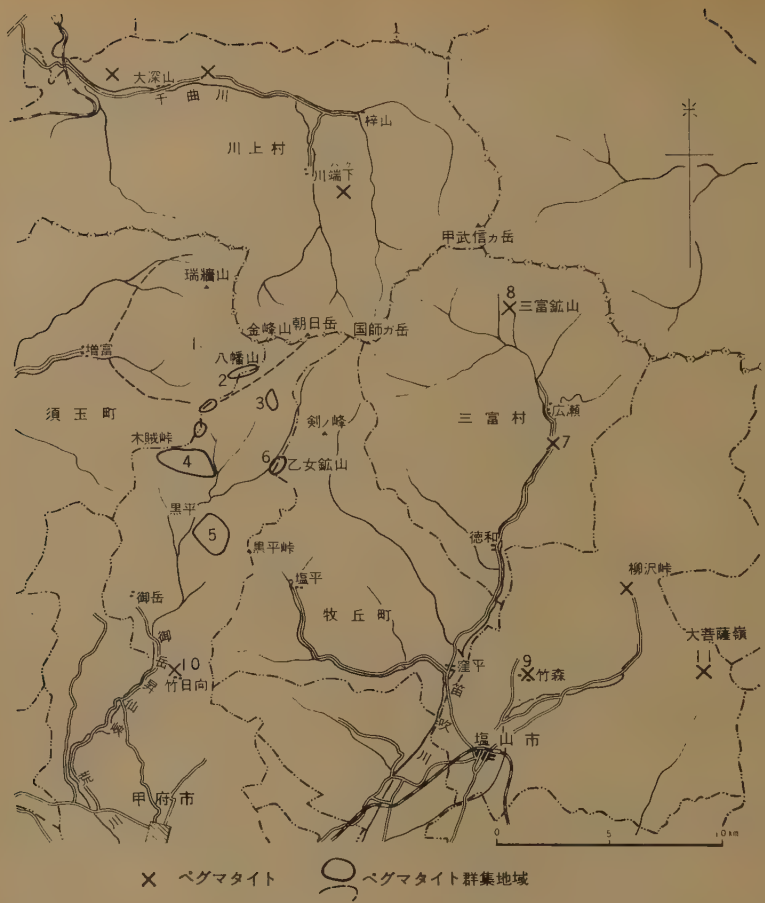
イ）水晶はほとんど全般にわたって産出するが，花崗岩類岩体の東および南側の周辺部のペグマタイトでは晶洞がないのでここでは欠けている。

ロ）硼素を含む鉱物として，電気石はいずれも量は少ないが各地にみられ，しばしば水晶に包有されている（当地域の電気石は三角長柱状の結晶を示すことが多い）斧石は塩基性岩中のペグマタイトでみられる。

ハ）緑簾石も広く各地に分布しており，酸性の花崗岩類のなかでは水晶に包有されてでることが多い。

ニ）弗素を含む黄玉・蛍石・（弗素）燐灰石とBeを含む緑柱石・ガドリン石はともに酸性の花崗岩のペグマタイト中に限られ，とくに黒雲母花崗岩中のポケット状ペグマタイトに多く集まっている。

ホ）希土類金属を含む鉱物は中央の酸性花崗岩類地域



第 3 図　ペグマタイト分布図

番号は地区名で第 1 表のものに対応する

1. 本谷川流域，金峯山，みづかき山地帯　2. 八幡地区　3. 水晶峠地区　4. 黒平北部地区
5. 黒平向山地区　6. 乙女鉱山地区　7. 広　瀬　8. 三富鉱山　9. 竹　森
10. 竹 日 向　11. 大 菩 薩 峠

のペグマタイトではモナズ石・ガドリン石，また御岳昇仙峡付近の黒雲母花崗岩中では褐簾石・ガドリン石・フェルグソン石・タレン石などが少量知られ，花崗岩類岩体の東部周辺部の塩基性岩中では褐簾石が報ぜられている[4]。

ヘ）輝水鉛鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱等の硫化鉱物と灰重石および鉄重石のタングステン酸鉱物は花崗閃緑岩中のペグマタイトにみられる。

4.3　水晶の産出状態

水晶はこの地域の主要なペグマタイト鉱物として晶洞中に産し，多くはその側壁に群生するが，ときに鱗状白雲母にまったく包まれ四周完全となる。晶洞における群生状態は，つねに生長の方向も大きさも個々まちまちの無統制を示すが，色・晶相等については同一晶洞では多くは共通する。

a）色については次の各色に分けられる。

(イ) 無色・白色および無・白色の混ざるもの

(ロ) 煙～黒色のもの

(ハ) 紫色のもの

(ニ) 緑色のもの

以上のうち，(ロ)・(ハ)は黒平北部地区の黒雲母花崗岩中および八幡地区の 1 部のポケット状のペグマタイトに限られるが紫色のものはきわめてまれである。(ニ)は微細な繊維状の緑簾石を包有するものであって水晶峠地区に多い。その他の地区では(イ)に属し，とくに八幡・黒平向山および乙女鉱山の各地区では無色透明の美麗なものが多産する。

b）晶相には

(イ) 柱状

(ロ) 板状

第1表　各地のペグマタイトと産出鉱物

◎比較的多い　○普通　△比較的少　⊿稀

Peg. 番号	地区名	母岩	ペグマタイト 産状	ペグマタイト 形態	ペグマタイト 主成分鉱物	産出鉱物 水晶	カリ長石	電気石	黄玉	緑柱石	緑簾石	燐灰石	輝水鉛鉱	灰重石	黄銅鉱	黄鉄鉱	その他
1	本谷川流域，金峯山，みづかき山地帯	アプライト質花崗岩	花崗岩中，不規則に散らばってありきわめて小型で，その中心に晶洞がある。	ポケット状 球状	石英・カリ長石・白雲母	○	○	⊿									モナズ石 ⊿
2	八幡（はちまん）	アプライト質花崗岩	ENE-WSWにやや長く連続する石英脈，鱗状の白雲母を伴い晶洞に富む。	脈状 ポケット状（1部）	石英・白雲母	◎					△	△					
3	水晶峠	黒雲母花崗岩	峠付近およびその南東方向に分布し晶洞に富む。	脈状	石英・白雲母	◎					○					⊿	
4	黒平北部	黒雲母花崗岩	花崗岩中，不規則に散らばっており，やや大型となり晶洞がある。	ポケット状	石英・カリ長石，白雲母	○	○	○	△	⊿							モナズ石 ガドリン石 ⊿
5	黒平向山	黒雲母花崗岩	花崗岩を貫いて厚さ2～5mのアプライト脈がN70°W，70°Nの方向に数条並行状に発達し，さらにその脈中に石英（ペグマタイト）脈が網状に走っている。アプライトには微細な白雲母が多く石英脈には晶洞がある	脈状	石英	◎					⊿					⊿	
6	乙女鉱山	花崗閃緑岩	大きく発達するペグマタイト性石英岩塊で，その東側において安山岩が覆う。石英岩塊の1部周辺部にはタングステン，モリブデンなどを含む鉱物を伴い，中央部ではほぼ石英のみからなる。晶洞に富む。	岩塊状	石英	◎							○	○	○	○	
7	広瀬	黒雲母花崗閃緑岩	10×10×15cm 大（県道脇で観察）晶洞がなく，それに代わるように繊維状の緑簾石が中心部にある斧石を包んで中央部をうめている。	ポケット状	石英・カリ長石・白雲母	○	○	斧石 ⊿			△						
8	三富鉱山	黒雲母花崗閃緑岩	黒雲母花崗閃緑岩と砂岩との境界に発達する規模の大きなペグマタイト性石英岩塊，大きさ80m×80×10。	塊状	石英	⊿											
9	竹森	ホルンフェルス（原岩・頁岩）	晶洞性	脈状	石英	◎		⊿									白雲母・硫黄 ⊿
10	竹口向	黒雲母花崗岩（御岳昇仙峡岩体）	非晶洞性	脈状	カリ長石・石英・白雲母		○	⊿									カドリン石 褐簾石・フンエルグソン石・タレン石 ○
11	大菩薩峠	ホルンフェルス（原岩・頁岩）	非晶洞性	脈状				○									褐簾石 ○

第2表　水晶の晶相区分による分布

地区名	母岩	ペグマタイトの形態	柱状				板状		錐状
			単晶	ドフイネー式双晶	ブラジル式双晶	エステレル式双晶	単晶	日本式双晶	単晶
八幡	アプライト質花崗岩（1部）	脈状 ポケット状	◎				4	4	
黒平北部	黒雲母花崗岩	ポケット状	◎	○	△				
黒平向山	同上	脈状	◎						
水晶峠	同上	脈状	◎				○	△	◎
乙女鉱山	花崗閃緑岩	岩塊状	◎	○	△	4	◎	○	
竹森	頁岩	脈状	◎						

◎多い　○普通　△少ない　4稀

(ハ) 錐状

と概略区分され，第2表に晶相と地区・母岩およびペグマタイトとの関係を示す。

以上のうち変形となるものに，黒平北部地区で柱面が階段状を呈し不整な生長を示すもの，水晶峠地区で柱面の途中がくびれて筆頭状を呈するものがみられる（図版4参照）。

c) 包有する鉱物として

八幡および黒平北部地区では電気石・白雲母が水晶峠地区では緑簾石・褐鉄鉱（黄鉄鉱後），乙女鉱山地区では黄鉄鉱・白鉄鉱・黄銅鉱・輝水鉛鉱・輝安鉱・硫砒鉄鉱・硫砒銅鉱などきわめて多種におよぶ。

5. おわりに

金峯山塊における地質について従来の資料を総合し，若干の知見を記したが，母岩の岩質区分とペグマタイトの様相との関連は，花崗岩類の生成過程に多くの示唆を与えると考えられ，詳細についてはなお今後の研究をまちたい。（昭和41年3月）

文献

1) 伊藤貞一・桜井欽一（1947）：日本鉱物誌，第3版
2) 地質調査所（1956）：50万分の1「東京」
3) Shibata, H., Okada, S. & Oki, Y. (1958): Chemical Composition of Japanese Granitic Rocks in Regard to Petrographic Provinces. Part VI —Principal Elements—, *Science Reports of the Tokyo Kyoiku Daigaku*, vol. 6, no. 50.
4) 長島乙吉・長島弘三（1960）：日本希元素鉱物
5) 河野義礼・植田良夫（1964）：本邦産火成岩のK—A dating (1)，岩砿，vol. 51, no. 4
6) 甲府盆地第四紀研究グループ（1965）：甲府盆地北東部の第四紀地質の概要，赤石団研機関誌

図　版　1

図　版　2

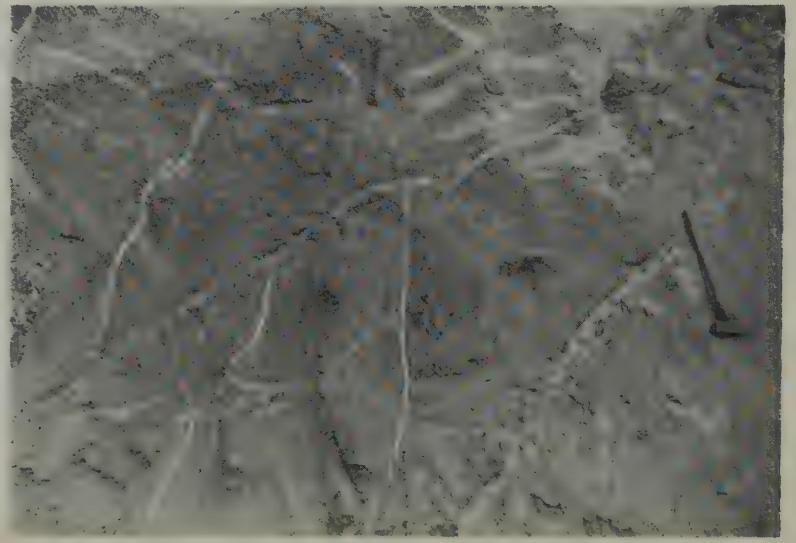


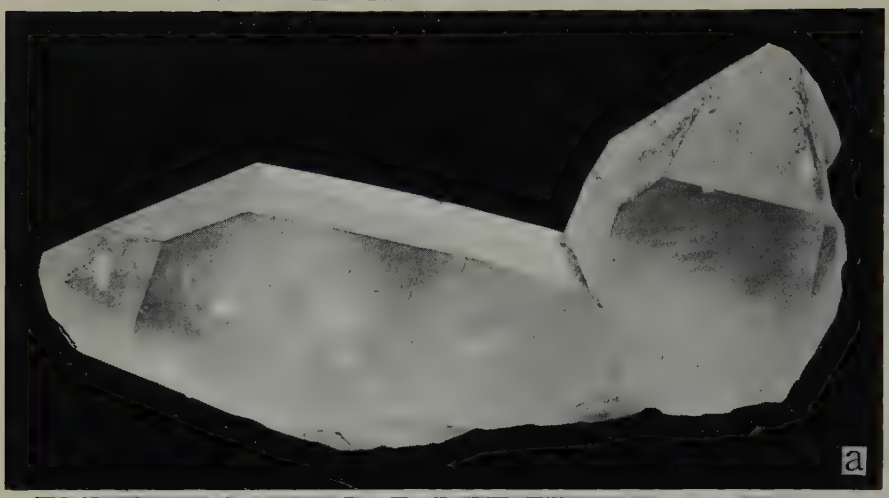
図　版　3

図版　1　安山岩を捕獲している細粒角閃石石英閃緑岩
（三富村徳和部落内，（２ｍ大転石）黒色部は安山岩）

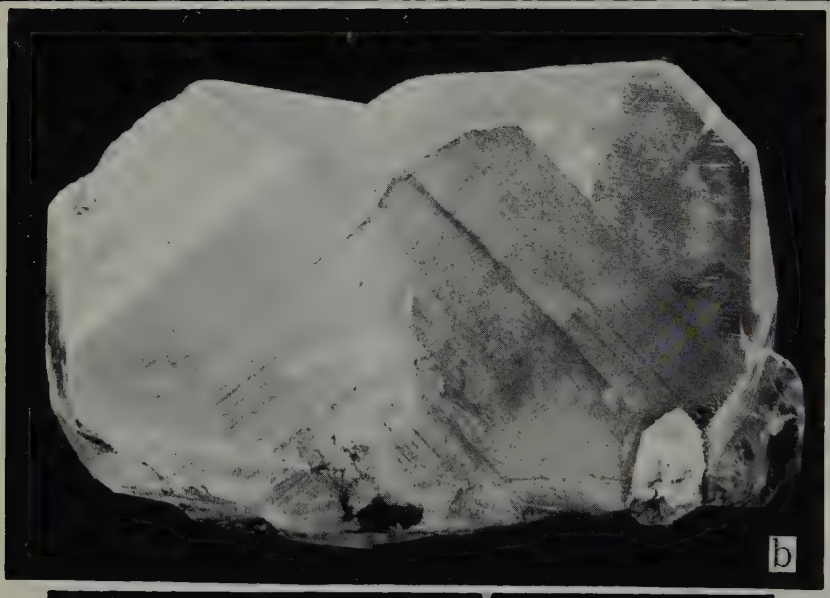
図版　2　角閃石花崗閃緑岩中のペグマタイト細脈
（牧丘町塩平―生捕間）

図版　3　細粒角閃石石英閃緑岩中のペグマタイト細脈
（牧丘町真智西方）

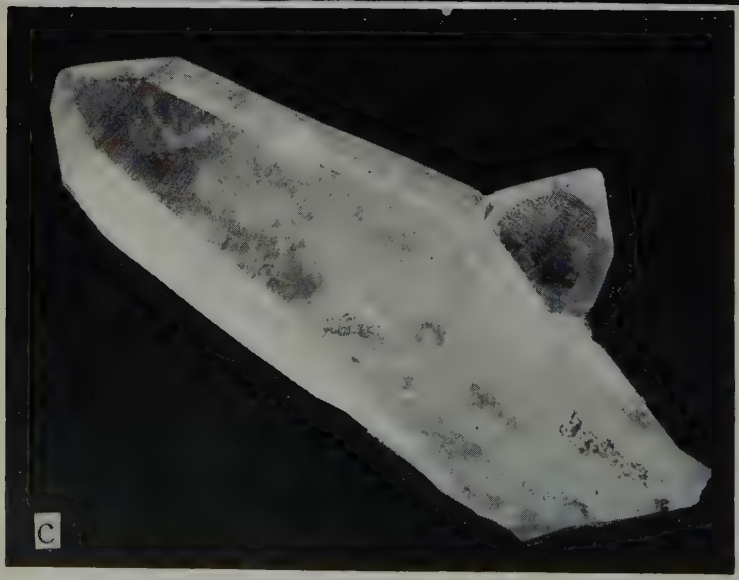
図　版　4　金峯山地域のペグマタイト鉱物の若干（写　真　正井義郎）



a.　板　状：日本式双晶水晶乙女鉱山地区　×0.9



b.　板　状：日本式双晶水晶乙女鉱山地区　×0.9



c.　板　状：日本式双晶草入水晶　水晶峠地区　×0.9

d. 柱　状：エステレル式双晶水晶
乙女鉱山地区　　×0.9

e. 柱　状：黒水晶
下方は電気石黒平北部地区
×0.9

f. 錐状および板状：草入水晶（右端は四周完全で累帯構造を呈する）水晶峠地区　×0.9

g. 柱状：柱面が階段状の煙水晶，先端は紫水晶となる累帯構造を呈する
黒平北部地区　× 0.9

551.49 (521.13+521.16)

仙台市南東部から福島県太平洋岸一帯の地域地下水について

森　和雄*　池田　喜代治**

Investigation on Ground Water between the Southeastern Part of the Sendai City and the Coastal Districts of Fukushima Prefecture

By

Kazuo Mori & Kiyoji Ikeda

Abstract

In the above districts, the confined water is insufficient for the purpose of industry and public water supply, except in Natori, Soma and Haranomachi cities.

Along the Pacific coast in the survey areas the acquifers of the confined water include sand bed of the Pliocene strata which is not so permeable.

In the districts along the Hirose and Natori rivers, the Pleistocene strata contain the acquifers, such as sand and gravel beds of about 50m in depth. Among them, Masuda district is excellent in quality.

In the Kakuda basin, the acquifers consisting of the Miocene strata, are less permeable and inferior both in quality and quantity. Chemical compositions show that the confined water in the Pliocene strata has a tendency to flow from west to east, and is rich in chlorine and in proportion to its depth, Ca^{2+} decreases and Na^{+} increases to their chemical properties.

The artesian wells, except in the Natori river basin, are from 100 to 150m in depth, but in the whole area of Soma city, they are about 300m in depth and the water temperature shows from 20° to 27°C. Along the Pacific coast, there is the possibility that the salt-water encroaches on the ground water by the heavy pumping of crowded wells, because of narrow drainage area of rivers facing the Pacific Ocean near by. Therefore, it is desirable that the pumping quantity of artesian wells should be limited hereafter from about 1,000 to 1,500 cubic meters a day, and about 300～500m are spaced between wells.

要　旨

1)　仙台市南東方から名取市東方までの名取川水系の平野部一帯には，更新統の地層と考えられる砂礫層中に比較的有力な被圧地下水が存在する。その深度は50m以浅であり，とくに名取川流域では，名取川東北本線鉄橋上流部一帯からの浸透・供給が行なわれているものと考えられる。

2)　上述の帯水層の下位にある鮮新統の地層中の被圧地下水は，海岸寄りほど水質が悪化する傾向が認められ，とくに閖上～岩沼線以東部では塩分の含有が多くなっている。阿武隈川右岸の亘理町東方でも同様である。

3)　仙台市街地一円の鮮新統の地層を対象とした深井戸と，1)の更新統の地層を対象とした深井戸を比較してみると，比湧出量において後者が優れている。

4)　阿武隈川下流部流域の岩沼市・亘理町一円などでは，阿武隈川からの被圧地下水への供給はほとんど行なわれていないものと考えられる。

5)　角田盆地一円では，中新統の地層分布地帯でもあり，被圧地下水は水量・水質ともに期待できない。また自由面地下水についても同様である。阿武隈川河岸付近の自由面地下水を利用する岩沼市・丸森町の上水道水源では揚水当初に比較して，年々，鉄・マンガンが多くなる傾向を示している。

6)　名取市西部の丘陵地一円から，福島県双葉郡広野町までの間では，鮮新統の地層中の被圧地下水が多く利用されており，亘理町以南の平野部では，断片的に多数の自噴帯が分布する。この被圧地下水は西側の南北に伸

* 応用地質部
** 技術部

びる基盤岩類分布地帯付近からの供給を主体とするものであり，水質的には西から東に，あるいは浅部から深部に向って Ca^{2+} 減，Na^{+} 増のイオン交換現象がみられる。また総体的には水質は良好であるが，SiO_2 の含有量の多い特徴を示している。

7） 山元町から相馬市にかけての西側地区では，石灰岩に関連する Mg/Ca 比の異状に小さな $Ca(HCO_3)_2$ タイプの地下水が存在する。また小高町・浪江町西部などは，鉄分の多い地帯となっている。

8） 相馬市を中心とした一円では，主帯水層が 200m 以深に発達する関係上水温20～26℃台を示し，冷却を目的とする業種には若干不利である。

9） 福島県双葉郡南部地区（広野町・久の浜・四倉町）では鮮新統の地層が欠除あるいは限定される関係上，被圧地下水は水質・水量ともに期待できない。

10） 福島県相馬郡および双葉郡北半部では，鮮新統の地層が比較的広範囲に分布し，当地域としては，被圧地下水の取得が有利である。

11） 全般的に海岸線に平行して阿武隈山脈（基盤岩類）が存在しており，その間は比較的狭隘である。しかも山脈が老年期的地形を呈することなどから，集水地域が限定され，顕著な透水帯は存在しない。したがって大規模集団の揚水が行なわれる場合，塩水化のおそれが考えられる。

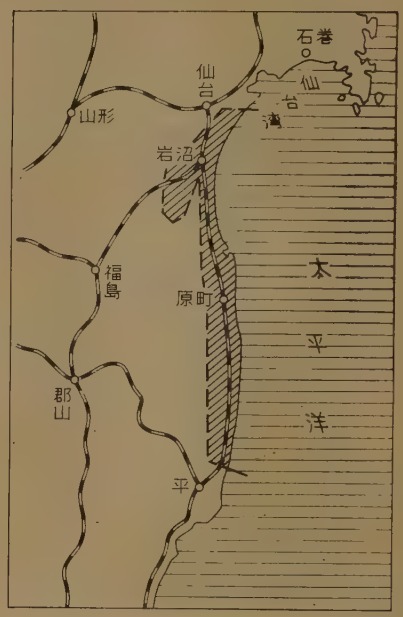
1. 緒　言

仙台市・塩釜・岩沼市などを含む，いわゆる仙台平野一円と，福島県南部一帯は，それぞれ新産業都市の指定地域（仙台湾地域・常磐郡山地域）の主要部を占めており，今後ますます工業地帯としての発展が予想される。

当所ではすでに仙台・塩釜地区と，常磐地域についての地下水，あるいはその他の水源についての調査研究が，1962，1956年にそれぞれ実施されている。

この調査研究対象地域は，南北両既調査研究地域に挟まれた，宮城県南半部，福島県浜通り地区の細長い地域であり，新産業都市の指定地域を含むとともに低開発地域工業開発地区の相馬地区・仙南地区（角田盆地）をも包含している。

仙塩工業地帯については，名取川上流の大倉ダムの完成により，工業用水道が発足しており，また阿武隈川を水源とした数万 m^3/day の工業用水道計画も予想工業地帯を対象として立案されている。仙台市街地一円では200m以浅の第三紀層を対象とした深井戸が，工業用，ビル用，上水道補助水源などとして多数利用されており，井戸相互の干渉も活発で年間3～5mの水位低下を示す地区が現われている状態である。また一方常磐地域では炭田地帯であり，地質条件からみても地下水の大量取得は，ほとんど望めない地域となっており，上水道，工業用水道などの水源は鮫川・夏井川などの表流水に依存している。



第1図　調査地域の位置図

当調査研究の対象地域は，比較的地下水の大量揚水の行なわれていない地域に属するが，そのうち原町市，相馬市，名取市などは，工業用・上水道・農業用として比較的集団揚水の行なわれている地区となっている。また太平洋側の阿武隈川以南部の沖積低地帯では，自噴性被圧地下水の存在する関係から，水量的には大きくないが，一般民家の飲料，かんがい用水として，いわゆる掘抜井戸が広範囲に分布している。

現地の調査研究は38年3月，同9月，39年3月の3回であり，池田は主として化学的研究を担当し，森は水理および総合取りまとめを行なった。

なおこの調査研究に御協力いただいた地元市町村関係者，事業所の方々に深く感謝の意を表す。

2. 地形および地質の概略

阿武隈山脈は東翼が太平洋に面し，福島県の東半部を占めている。また北部は宮城県角田盆地によって，二分された形で阿武隈川北岸まで連なっている。山地東部においては，一段低い丘陵が存在し，その丘陵は県境付近を境として，福島県側では太平洋岸まで分布し，海食崖を形成している。この丘陵の幅は原町付近で約 10 km であるが，南下するほど狭くなり，久の浜付近で消滅する。一方宮城県側では北上するほど丘陵が狭まり，さら

に阿武隈川以北では岩沼付近や，小豆島に断片的に存在するにすぎなくなるが，その東側には細長く弧を画いて，海岸平野が分布し仙台付近では幅約9kmとなり，松島湾西方まで連続する。この海岸平野は千葉県九十九里浜海岸平野と類似する点が多い。

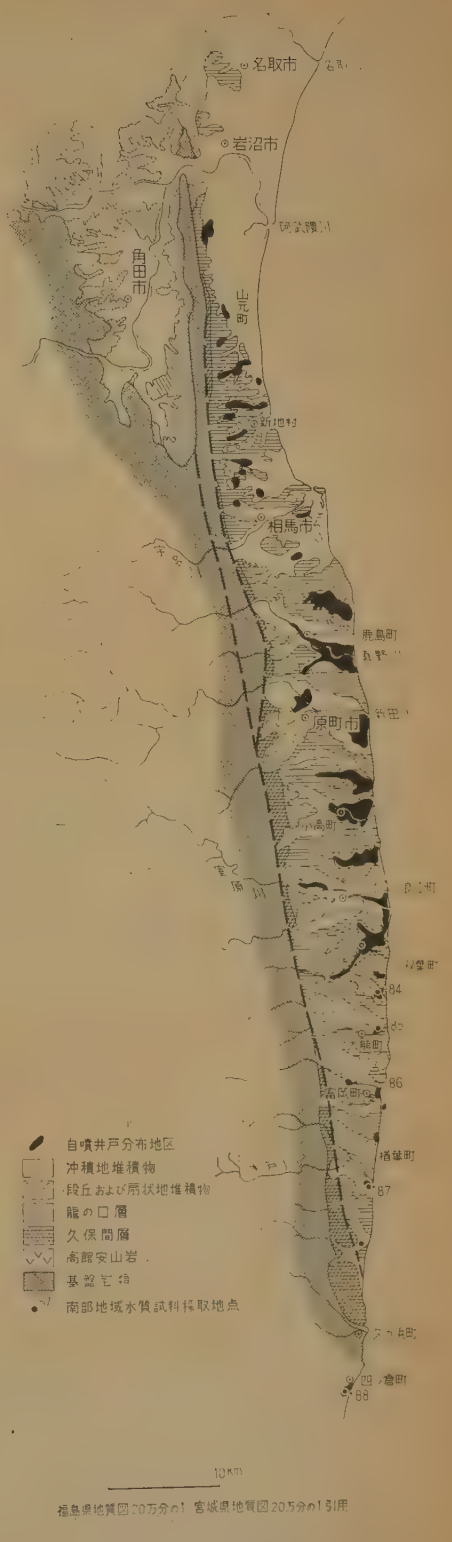
福島県における丘陵は，北から宇多川・真野川・新田川・室原川・富岡川・木戸川その他の小河川によって開析され，そこに沖積低地を形成している。また相馬郡一円において，土砂の運搬力の小さな小河川の下流側では北から新沼浦・松川浦・山信田浦・八沢浦・井田川浦などの潟が存在する（現在松川浦以外は干拓されている）。

山地と丘陵は相馬・双葉断層と呼ばれる大断層によって接するものとされており，仙台付近では海岸平野とその背後地は利府―長町断層で境されているものとされている。

阿武隈山脈を構成する地質は，花崗岩類，古生層を主体とするが，相馬市――原町間での東縁部では，ジュラ系の地層が帯状に分布し二つの断層に狭まれた地塁を形作っている。また南部富岡町――四倉町間の東縁部では下位より白亜系双葉層群・漸新統の白水層群・中新統の湯長層群などが帯状に分布する。また阿武隈川――名取川間では中新統の高館安山岩が山地を構成する。

これら山地構成層に対し，丘陵地を構成する地層は鮮新統の地層群と，一部更新統の段丘堆積層からなっている。すなわち鮮新統の地層は相馬一帯では下位より，久保間層（仙台の亀岡層），竜の口層（福島県南の富岡層）からなっており，久保間層は山地東部に帯状に分布するだけであり，丘陵の大部分は竜の口層で構成されている。久保間層は粗粒砂岩・シルト岩・凝灰岩からなり亜炭を挟在する。また竜の口層は凝灰質シルト岩を主体として，砂層を挟在する。山元町一帯では同層中に砂層が厚く発達しており，坂本砂層と呼ばれている。

角田盆地においては，東側が阿武隈山脈地塁帯，南および西は花崗岩類，北は高館安山岩にそれぞれ取り囲まれた地区であり，盆地内の構成層は槻木層（夾炭層）がその他の中新統の地層からなっており，鮮新統の地層は地表露頭として分布していない。



福島県地質図20万分の1，宮城県地質図20.5分の1引用

第2図　地質および自噴帯

3. 水利用の現況

3.1 表流水

当地域最大の規模をもつ阿武隈川は，農業用水としての取水施設が，岩沼市街地西部までであり，下流側には存在しない。

阿武隈川岩沼流量観測所における31～34年間の累年流量は次のとおりであり，

豊水量	平水量	渇水量（m^3/sec）
165.87	118.35	51.22

海岸平野部一帯の工業予定地帯への工業用水道計画としては，60万 m³/dayの取水が予定されている。その他は名取川を除けば，いずれも中小河川に属し，農業用水として最大限に利用されている。そのうちの福島県北から，真野川・新田川・請戸川・木戸川などが上流側での多目的ダムの建設により比較的大量の水が，新期産業用水として利用できうる河川である。ただし現在のところいずれもそれに見合う工場などの進出はなく，計画のみになっている現状である。

阿武隈川中流部の旧船岡火薬廠には，阿武隈川表流水 24,000m³ /day の取水施設があり，戦後も柴田町上水道水源として一部使用されていたが，規模が大き過ぎること，水質が比較的不良などのため，現在は遊休施設となっている。

上水道水源として表流水を利用する都市は，角田市，久の浜町，四倉町である。

3.2 地 下 水

3.2.1 阿武隈川以北の地区

仙台市東部一帯では20～50mの深度の井戸が多く，簡易水道水源，一般民家井戸として利用されており，わずかに自噴する地区もある。

名取市では増田地区の上水道水源として 150mの深井戸2井，海岸近くの閖上地区では45mの深井戸2井があり，両者で 1,200m³/day を取水している。その他第4図に示すように小豆島丘陵一帯には農業用，簡易水道，病院・工場などの深井戸が散在している。また国鉄増田駅西方には日本ビールK.K.の工場が予定されており，これも地下水を工業用水源とするものであり，比較的多量の地下水揚水地帯となろう。

岩沼市では阿武隈川左岸吹上地区に上水道水源がある。河川伏流水を対象として作られた深度 11.5m，径 2.4mの浅井戸で，3,000 m³/day を取水している。同水源西側には東北ゴムK.K.工場予定地があり，水道水源同様，浅井戸水源を予定している。

3.2.2 角田盆地

角田市 角田盆地一円は浅層，深層ともに地下水の水質が悪い地区であり，明治38年角田上水と称する用水路を市街地を通し，飲料水としていたが，昭和7～9年に上水道が完成した。それは市の南西を流れる小田川の表流を利用するもので，鍋森山（ 230m）の南方付近において 2,300m³/day を取水している。同市にはその他小沢の表流水を水源とする組合水道が散在し，深井戸水源による簡易水道は金津・藤田の両地区にある程度で深井戸の利用はまれである。

丸森町 上水道水源は阿武隈川右岸際に深度11mの浅井戸により800m³/day を取水しているが，昭和34年設置以来，鉄・マンガンが年々増加する傾向が認められ，内川支流から表流 1,200m³/day を取水する予定である。

柴田町・大河原町 前述の旧火薬廠の水源を33年に中止し，新しく白石川河川敷から 6,000m³/day を集水埋渠による伏流水の取水が行なわれており，大河原町へもこれから分水している。また大河原町には，電報局，中学校その他2～3の深井戸があるが，塩分が多くまた水量もわずかである。

3.2.3 阿武隈川以南の地区

1） 自噴井戸の分布

丘陵地に取り囲まれた沖積低地あるいは，扇状地をなす地区での深井戸は，自噴性のものが多く，一般家庭用，灌漑用として広く利用されており，第2図に示すように大小30カ所前後の自噴帯を形作っている。一般には，100～180m深度のものが多いが，相馬市一円では 200～300m までの深井戸が存在する。全般的に自噴井戸および揚水井戸の増加により，徐々に水位の低下が認められ，自噴帯の後退縮少が目立っている。

亘理町・山元町 両町とも水道はないが，山元町については横山・山下両地区に水道水源設置のための試掘（第7の3図参照）が行なわれている。また亘理町の常磐線以西の市街地一帯では，自噴井戸が散在し，当町唯一の工場佐藤製錬所では，深度123mの井戸で 100m³/day 程度の揚水が行なわれている。

山元町の国立宮城療養所では，深井戸2井があり，500m³/day 程度を使用するほか，浅生原久保間などの丘陵に深く入り込んだ谷間でも深度100～150m深度の自噴井戸が分布し，一方坂本部落から北方横山地区の丘陵周辺部一帯にも自噴井戸が点在している。

北相馬地区（新地村・相馬市・鹿島町）

新地村 福田・真弓・杉の目などの丘陵間に狭まれた扇状地である比較的標高の高い地区に自噴帯があり，新地部落や海岸一帯では自噴すれすれまたは非自噴井戸となっている。杉の目などでは 50～100m の比較的浅い深度の井戸となっている。現在上水道はない。

相馬市 相馬市街地の浅層地下水は全般的に水質が悪い関係もあり，比較的古くから上水道給水が行なわれている。水源は市街地西部の西山付近において，宇多川の伏流水を集水埋渠により 3,000m³/day と深井戸水源（深度 173m）により 800m³/day 計 3,800m³/dayを取水しているが，集水埋渠による取水が河川流量の減少，施設の老朽化などにより思わしくなく，深井戸水源に主力が置かれるようになっている。また原釜地区には 250m深度の上水道水源井があり，約500m³/dayの取水が行なわれており，その他飯豊・磯部・石上・新沼などに 150～250m 深度の小規模水道水源，簡易水道が散在する。同市には相馬丸三製紙K.K.があり，深度 250mの井戸で 2,600m³/day の揚水を行なっており，その他中村製氷

第1表　上水道一覧表

上水道名	取得量 (m^3/day)	水源別	井戸諸元 No.	深度 (m)	口径 (mm)	ストレーナ	ポンプ諸元 吐出口径(mm)	種類*	馬力 (HP)	揚水量 (m^3/m)	W.L.	P.W.L.	ρΩ-cm/°C	備考
名取市増田	600	深	1	150	250	47～150 6カ所		S					9,000/14.4	交互運転
			2	150	250	45～60 60～80 84～90 115～120		S						
名取市閖上	600	深	1	45	250			S					3,500/13.5	交互運転
			2	45	250			S						
岩沼市	3,000	浅		11.5	2.5(m)								3,400/14.3	鉄，マンガン多く濾気急速濾過
角田市	2,300	表												市街地西方小田権原付近
丸森町	800	浅		11	3 (m)								6,600/13.8	鉄・マンガン多いため内川支流より表流 1,200 m^3/day 取水予定
柴田町	6,000	伏流											10,800/7.9	白石川
大河原町	400	〃												同一水源
相馬市	3,800	伏												伏流水の減少により深井戸で補給
		深		173	300	134～245 5カ所	150	S	40	1.75		43	4,400/19.3	
相馬市原釜	500	深		250	300	196～250	80	S	25	0.521		11	4,800/23.4	
鹿島町	960	伏												真野川の伏流マンガンあり
原町市	2,100	深		163	300	76～95 107～123	130	S	15 kW	1.4	1.5	28	12,000/15.2	
		深		130	300	90～82 88～103	130	S	〃	〃	7.5	26		
浪江町	600	浅		6.5	5 (m)								12,300	高瀬川左岸
富岡町	3,700	伏												富岡川
久の浜町	1,080	伏												大久川の現水源が海水溯上のため 200 m 上流で表流水取水予定
四ツ倉町	2,500	表												仁井田川

200mの深井戸 300m^3/day がある。なお鐘紡 K.K. 相馬工場があるが上水道を使用しており，水量はわずかである。新沼地区には潅漑用深井戸3井があり，潅漑期の揚水量は 10,000m^3/day 程度と推定される。これらの大規模井戸の揚水により，新沼一円や松川浦沿岸の岩の子一帯の自噴帯が著しく縮少しつつある。

鹿島町　上水道水源は真野川の伏流水を集水埋渠により960m^3/day を取水しており，将来 1,500m^3/day とする計画である。鹿島町の市街地およびそれ以東海岸の鳥崎部落までの平野一帯および八沢浦干拓地には，自噴井戸が多数あり，その深度は 150m前後のものが多い。

南相馬地区（原町市・小高町）

原町市　扇状地上に発達する原町市街地一帯は，比較的浅層地下水に恵まれ，扇状地末端部には湧水が所々にみられ，養漁・潅漑用水などに利用されている。したがって上水道も最近やっと給水された状態である。また対象地域中の唯一の工業地帯でもあり，丸三製紙K.K.の第1・第2工場を始めとし，原町紡績K.K.,原町電機K.K.,キッコウ食品K.K.などの工場がある。上水道水源は深度130m，163mの2井であり，2,100m^3/day を取水している。

丸三製紙 K.K. 第1工場では，深度 182mの深井戸および浅井戸により5,700m^3/day，原町紡績K.K. では深度150mの深井戸および浅井戸で 2,600m^3/day を取水している。その他の工場，深井戸，潅漑用深井戸などの揚水

第2表　おもな工場その他の用水一覧

市町村名	工場名および事業所名	取得量 (m³/day)	井戸諸元 No.	深度 (m)	孔径 (mm)	ストレーナ位置 (m)	ポンプ諸元 吐出口径 (mm)	種類*	馬力 (HP)	揚水量 (m³/m)	井戸状況 W.L. (m)	P.W.L. (m)	ϱΩ-cm/°C	備考
仙台	雪印乳業K.K.	1,200		150	350		175	B	85	3.1	5.5	17.3	9,000/13.5	
	市営ミートプラント	360		70	200	20～32 37～42 55～64	75	S	13	0.6	6	20	10,000/14.4	
名取	宮城酪農K.K.	800	1	150	250	67～89 115～139	130	S	25	1.3			7,200/17.9	
			2	150	250	—	〃	〃						
	名取精神病院	500	1	170	150	70以下	50	S	4		10	30	8,400/17	
			2	170	150	〃	50	S	4				10,000/16.3	
山元	国立宮城療養所	500	1	91	200	68～72 79～91		B	15				11,000/14.3	
			2	不明									9,000/	
相馬	相馬丸三製紙K.K.	2,600		250	350	134～245 5カ所	125	S	45 kW	2.2		42	3,850/20	
原町	原町紡績K.K.	2,600	深	150	200	76～87 115～121 129～133 133～143	100	S	25	1.2	6.3	37	9,200/15.7	
		(深 1,800 浅 800)	浅	10	1～2 m			T			1	7	4,800/16.7	外6井あり
	丸三製紙K.K.原町第1	5,700 (深 2,800 集水井 2,850	深	182	300		150	S	60	2.1	4.5	21.7	8,200/17.7	
			浅	5.5			150	B	25	3			5.900/17.4	
	原町電機K.K.	100		105	200		100	B	20	1.1	16.5	29.0	7,400/16.3	
	丸三製紙K.K.原町第2	1,700		205	350	79～195 7カ所	125	S		2	7.5	18	9,300/17.9	
	キッコー食品K.K.	500		126	300	85～120	100	S	19 kW	1.1	0	48	6,700/14.3	

* S　水中ポンプ
B　ボアホールポンプ
T　渦巻ポンプ

を含めれば，当地区の揚水量は 20,000m³/day 以上となるものと考えられる。

なお自噴帯は市街地北方の新田川流域部と海岸寄りの下渋佐，六軒屋一帯である。南の太田川流域にも自噴帯が存在する。それらの深度は100～150m程度である。

小高町　現在のところ上水道はなく，市街地およびその東部海岸付近まで自噴井戸があり，深度は 100～ 150m程度であり，概して鉄分の多い傾向がみられる。工場としては小高銀砂工場（珪砂工場）があり， 120mの深度の小口径井戸数本をもち，タービンポンプ 2～4″で揚水されているが，灌漑用水をも併用しており，その揚水量は明らかでない。主として洗浄用水に使用している。

浪江町・双葉町　浪江町上水道水源は二又部落南の高瀬川左岸に深度 6.5mの浅井戸により600m³/day（能力 2,600m³/day）を取水している。また町内には東邦レイヨンK.K.浪江工場があるが主として表流水（室原川）を3吋で揚水するほか，小口径の深井戸が飲料用として利用されているが，水量はわずかである。自噴井戸は浪江町北西の室原・苅宿・酒田などでは，40～ 100m，海岸寄りの請戸一帯では 180m程度のものが多い。また海岸寄りの棚塩一帯では30m深度のものにメタンガスが含まれる。浪江町市街地一帯では 100m前後の深度の深井戸が多いが自噴はほとんどしない。

双葉町では前田川中流部玉沢部落から始まる自噴帯は流域の沖積平野一円に分布する。玉沢部落では 120mの深度であるが，下流部一円では 180m程度のものが多い。また南方葉木沢にも2～3の自噴井戸がみられる。

大熊町以南地区（双葉郡南部，磐城郡北部）

上水道施設のある都市は，富岡町（伏流水源），久の浜町（表流水源）四倉町（表流水源）の3町である。この地区では沖積低地が少なくなり，自噴井戸も小規模に散在するにすぎない。大熊町では熊川下流の小館，長者原南の夫沢，富岡町では海岸の仏浜，毛萱およびその上流部の太田，岩井戸に自噴井戸が分布する。深度は70m程

度のものが多い。楢葉町では波倉（深度70m前後）および木戸川下流部前原（深度 120m）となっており，前原では自噴高 1.8mを示すものもあり，着色水となっている。広野町では本町に2～3井の自噴井戸があり70mの深度で鉄分が多い。久の浜町では深井戸がない。四倉町では仁井田川左岸の上仁井田に3～4井 100m 前後の自噴井戸があるが塩分の多い地下水となっている。なお磐城セメントK.K.四倉工場でも小口径の 91m 深度の深井戸2井があるが，揚水量はわずかであり，主力工業用水は仁井田川の表流水を利用している。

4.　被圧地下水の地下水理

4.1　仙台市東方から阿武隈川左岸まで

仙台市街地一帯の含被圧地下水層としては，鮮新統の

第 3 図　名取川流域から阿武隈川左岸までの地下水理図

地層である仙台層群中の竜の口層，亀岡層がおもに対象となり，仙台市街地東北方の東仙台一帯では中新統の地層まで対象となっている。

市街地一帯では鮮新統の地層は，低位段丘面ないし沖積面（同市街地のある面）の下10～20m以深に発達し，その上位に更新統の砂礫層が分布する。この研究対象地区の東部一円の海岸平野での主力帯水層は，更新統の地層であり，基底深度は40～50m程度である。すなわち第7図－1のさく井柱状図では，主として鮮新統の地層まで掘られた深井戸を示しているが，藤塚地区の井戸での電気検層図でも解るように20～40mに高い比抵抗を示す砂礫層が発達するが，それ以深では比較的低い比抵抗を示す細粒堆積物（鮮新統）となっている。また名取川右岸の名取市閖上上水道水源（第7図－2）でも20～40mに砂礫層が発達している。これらの砂礫層は旧名取川による氾濫堆積物と考えられ，岩沼方向に向って細粒堆積物に移化，あるいは消滅すると考えられる。

上述の更新統の地層中の被圧地下の水比抵抗測定（測点数10点）による等値線は第3図に示す通りである。

前回の研究である仙台市街地一帯では主力帯水層が鮮新統の地層中のものであり，その被圧地下水の水比抵抗値は 2,000～3,000Ω–cm 台を示すものが大部分であり，比較的低い値である。市街地東部（仙台市営製氷所，刑務所など）および長町一帯などの東南部ではそれより高い値の 4,000～5,000Ω–cm 台を示している。また表流水は名取川（東北本線鉄橋下）が 16,000Ω–cm，広瀬川（広瀬橋下）で 10,400Ω–cm となっている。

それに対し，その東方における更新統の地層中の被圧地下水の水比抵抗値は，名取川右岸地区では最高12,000Ω–cm また広瀬川左岸地区では最高 8,000Ω–cm 台となっている。すなわち名取川右岸側では第3図に示すとおり中田地区に 9,000～12,000Ω–cm の地下水が分布し，この一帯を扇頂部として東南方向に向って比抵抗値の低い地下水となっており閖上部落などでは 1,000Ω–cm 以下の塩分の多いものとなっている。

一方広瀬川左岸の東北本線下流部には 7,000～ 8,000Ω–cm 台を示す小範囲（雪印乳業，宮城化学では 150m の深度の井戸であるが，20～30m付近にも取水管を入れている）があり，それを取り囲んで 5,000Ω–cm 台が六丁目などの東方まで延びている。また広瀬川と名取川合流後の下流部左岸には4,000Ω–cm 台のものが分布し，不鮮明ながら今一つの小規模透水帯が推定される。この被圧地下水の供給源は主として名取川水系（広瀬川も含む）の表流水と考えられる。とくに右岸側の中田地区の高い比抵抗値を示す一帯は供給源に近いものと考えられ，その伏没地帯は東北本線鉄橋上流部一帯と推定される。

なお阿武隈川下流部の流域である岩沼市，亘理町東部一帯では，これに類似する阿武隈川表流水からの浸透はほとんど行なわれていないものと考えられる。当地域内で更新統の地層が広範囲に有力被圧地下水を含む地区は，名取川水系の流域のみである。

鮮新統の地層を帯水層として利用する地区は，おおよそ仙台市東方苦竹自衛隊基地東南部と広瀬川・名取川合流点下流袋原および岩沼市街地の3点を結ぶ，線の西側となっており，仙台市東部の海岸寄りではほとんど利用されていない。当所で実施した仙塩地区地下構造調査のための観測井を例にすると，蒲生地点の深度 120m井戸，藤塚地区の深度150m井戸における Cl^- は前者が 1,405 ppm，後者が 109ppmとなっており，藤塚地区での付近の家庭用井戸20～50m深度のものに比較して，はるかに溶存成分が多くなっている。

名取川左岸の名取市における，鮮新統の地層を対象としたさく井は，主として小豆島丘陵付近に集中している。第7図－2に示す増田上水道水源などの丘陵東半部では 100m付近まで砂層を主体とするが，それ以深では泥質の地層となり炭質物が挟在しており，上位が竜の口層，下位が亀岡層に相当するものと考えられる。また西部の愛島の2井では50m付近にその境界があると考えられる。これらの地層の露出部である背後丘陵には，すぐ基盤岩（高館安山岩類が分布し，若干は名取川狭窄部付近からの地下水供給が考えられるとしても，集水面積の小さいことから，今後のさく井は慎重を要する地区と考えられる。またこれらの水比抵抗値は 7,000～10,000Ω–cm を示しており，近距離の50m以浅の被圧地下水より高い値を示す。また東北本線以東部の海岸平野での同層の地下水は，50m級の地下水より，塩分が増加するものと考えられ，ほとんど利用されていない。

4.2 角田盆地

阿武隈山脈の東方一帯の被圧地下水が鮮新統・更新統の地層中のものであるのに対し，当地区では主として中新統の地層の分布地帯となっており，固結度が高く，透水性が小さいため，これらの地層中の地下水は水量的に期待できない。また周縁部が基盤岩によって取り囲まれた盆状構造を示す関係から，地下水も閉じ込められた形で存在する傾向が認められる。第7図－5のさく井断面図に示す大河原町の深井戸は塩分が多く，角田市配水池の試掘井も水質が悪いため，さく井を断念している。一方角田市簡易水道（藤田・金津）の2井は，盆地周縁の分水嶺を間近に控えた地点にあり，水質的には良好であるが，水量的には期待できない。

4.3 阿武隈川以南の太平洋側

亘理町（阿武隈川右岸）から福島県双葉郡広野町までの丘陵および平野部の被圧地下水は，久保間層，竜の口層（南部では富岡層）などの鮮新統の地層中のものである。

第 4 図　　角田盆地および阿武隈川南域の地下水理図

4.3.1　亘理町・山元町

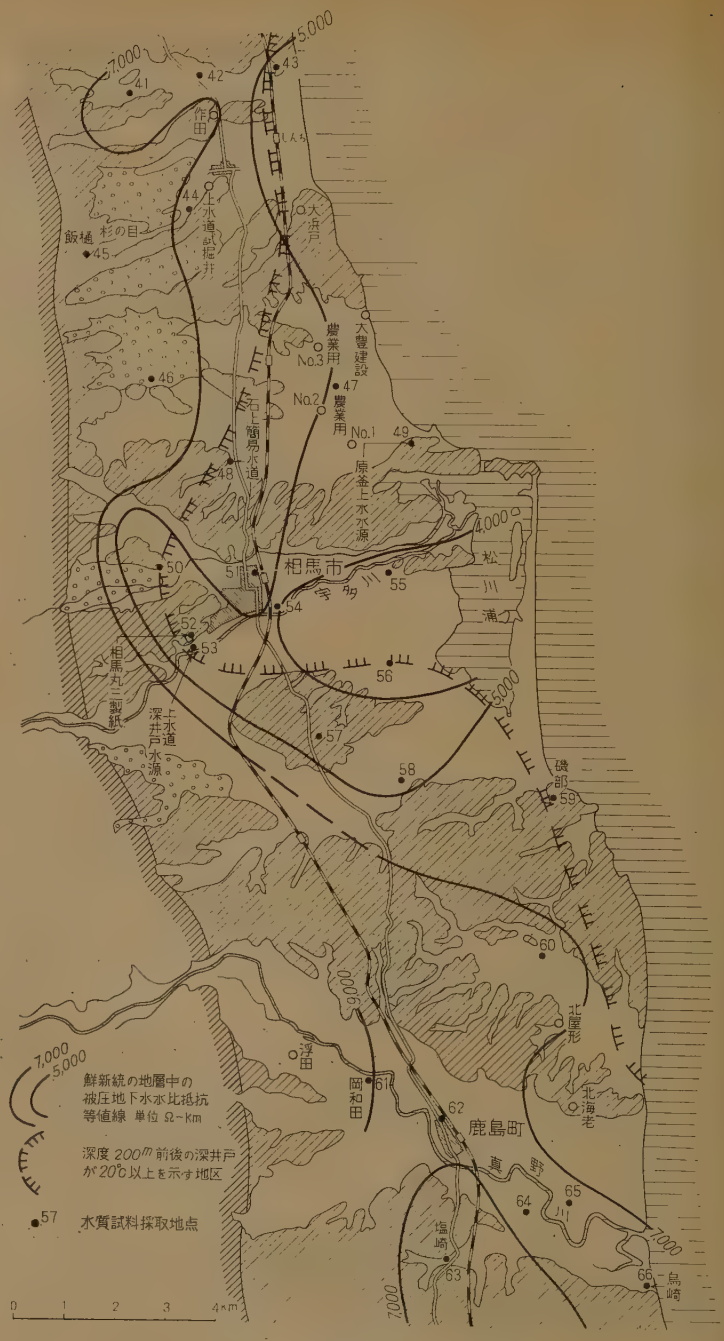
深井戸は丘陵地あるいは，丘陵寄りの平野部に分布する（第4図，第7図一3参照）。第7図一3に示すように，亘理町では泥質の堆積物が比較的多いが，南の山元町一帯では砂質の堆積物が多くなっている。既存深井戸群の水比抵抗値は10,000～ 5,000Ω-cm を示しており，その等値線が北北西に走る丘陵にほぼ平行した形を示している。このことは特定の地点からの供給ではなく，基盤岩と鮮新統の地層の接触部一帯からの浸透・供給が主体と考えられる。しかも西側の角田盆地の存在によって，基盤岩類の分布域が制約され，集水域が極端に狭いものになっている。亘理町東部から荒浜にかけての平野部では，岩沼市東方一帯同様に深井戸の利用がほとんど行なわれておらず，丘陵末端から2～ 2.5km 東方付近から塩分の多い地下水となる公算が大である。阿武隈川北方（名取市・岩沼市）の海岸寄りと同様に集団大量揚水は内陸側への塩水化のおそれが考えられ，地下水開発には充分の考慮が必要である。

4.3.2　相馬郡北部地区

当地区になると丘陵の分布が海岸線まで延びてきてお

り，その幅も北部で 5 km，南部では 8 km と広くなっている。新地村西部の杉の目，飯樋などでは 50～60m付近まで砂層が発達するが，その他では一般に泥質物の多い地層となっている（第 7 図—4 参照）。相馬市の西方にある上水道水源・相馬丸三製紙などの井戸では180～160mに砂層が発達し，相馬市および，新地村の東半部一帯では約 200m以下に比較的砂層が多く発達する。したがって当地区では 200～300mまでの深井戸が多くなっている。

第 5 図に示すように水比抵抗値は鹿島町西部岡和田付近に 9,000 Ω–cm 台を示すほかは，新地村，相馬市の西部でも 7,000Ω–cm 台で基盤岩に近い西側が比較的低い値となっている。とくに相馬市東部から松川浦にかけての平野部には4,000Ω–cm以下を示す部分が内陸側まで伸び，相馬市西部一帯の内陸側まで 5,000Ω–cm の等値線が喰い込んでいる。それに対し鹿島町真野川流域では 7,000 Ω–cm 台が河口付近まで伸び，原町市の新田川河口方向に連なっている。また相馬市一帯ではおおむね 200 m以深の深井戸のうち東寄りでは水温 20℃ 以上を示しており，水質試料採取地点 No. 43 の井戸は 26.9℃で，測定したうちの最高温となっている。



第 5 図　相馬北部地区の水理図

4.3.3 相馬郡南部および双葉郡北部（原町市から双葉町までの間）

相馬市におけるさく井地質断面図では 200m付近まで泥質物を主体とするのに対し，原町市一円では第 7 図—4 に示すように，全般的に砂質の堆積物となっている。また 100m前後以深には炭層あるいは炭質物の挟在が多く認められ，久保間層と推定される。原町市以南では本格的なさく井は少なく，その資料もあまりないが，第 7 図—6 に示す小高町，大熊町の 2 井では，原町市同様総体的に砂質の堆積物が多くなっている。

第 6 図に示すように原町市街地一円の被圧地下水の水比抵抗値は11,000～8,000Ω–cm 台を示し，相馬郡北部地区に較べ高い値となっている。しかもその等値線は，東北方向に漸次低くなっており，主たる供給地帯が，太田川の基盤露出地帯であることを示している。また新田川河口南方から，太田川河口にかけては 5,000Ω–cm 以下を示すが，小高町井田川千柘地一帯では，海岸付近まで 6,000Ω–cm台を示している。また浪江町の東部，双

葉町一円では 5,000Ω–cm 以下を示している。

4.3.4　双葉郡南部および四倉町

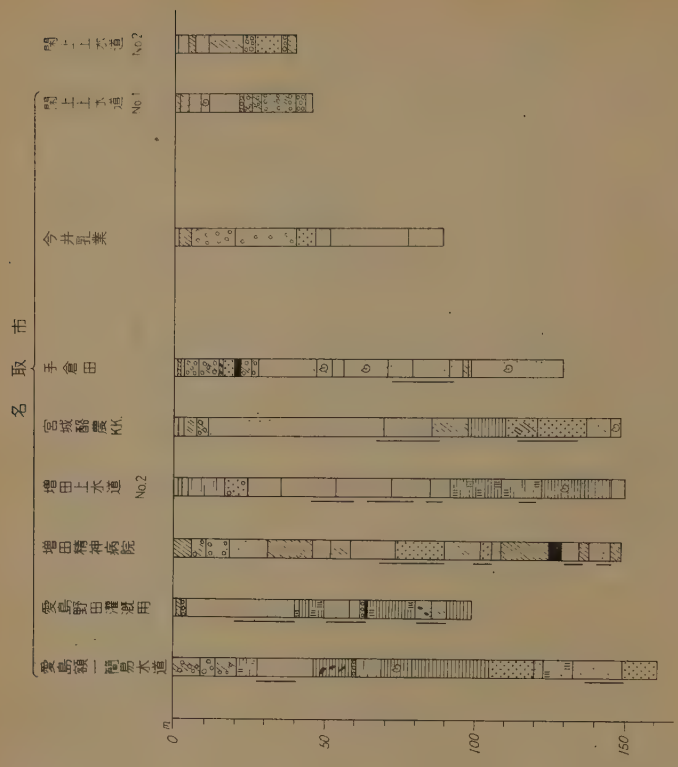
この地域は南下するにつれ山脈構成層の基盤岩が海岸寄りとなり，帯水層となる鮮新統の地層分布は小範囲となってくる。大熊町熊川，富岡町仏浜，あるいは楢葉町波倉などの海岸寄りの自噴井戸での水比抵抗値が 5,000～7,000Ω–cm 台と比較的高い値となっている。このことは地下水供給帯に近いことを示しているものであろう。楢葉町の木戸川下流および広野町の本町の小数自噴井戸は 3,000Ω–cm 台を示しており，前者が着色水，後者が鉄分の多い地下水となっている。久の浜町では北部夕筋付近で鮮新統の地層が終り，その下位層の分布地帯となる関係上被圧地下水には期待がもてない。四倉町の上仁井田一帯は，背後地が鮮新統の地層分布地帯とされており，夏井川流域唯一の深井戸利用地帯である。しかしほとんどが 1,000Ω–cm 以下の塩分の多い地下水となっており，量的にも期待できない。

5.　水位降下と揚水量

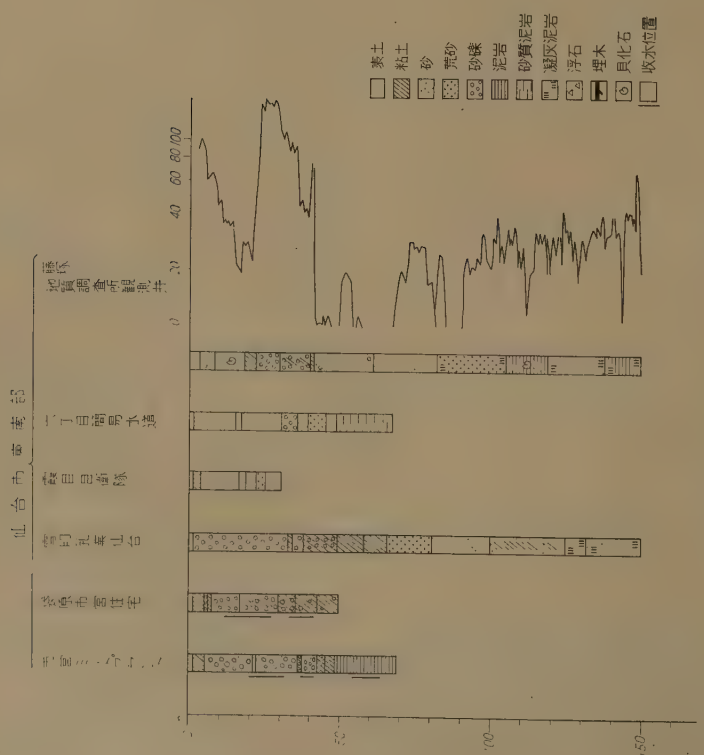
第8図—1～第8図—3の基礎資料は，外業中収集したものおよび全国深井戸台帳によるものであり，深井戸完成時の揚水試験結果が主である。また福島県の南半部については，本格的な揚水井戸が少なく，ほとんど資料がない。

第 6 図　相馬南部地区から双葉北部地区の水理図

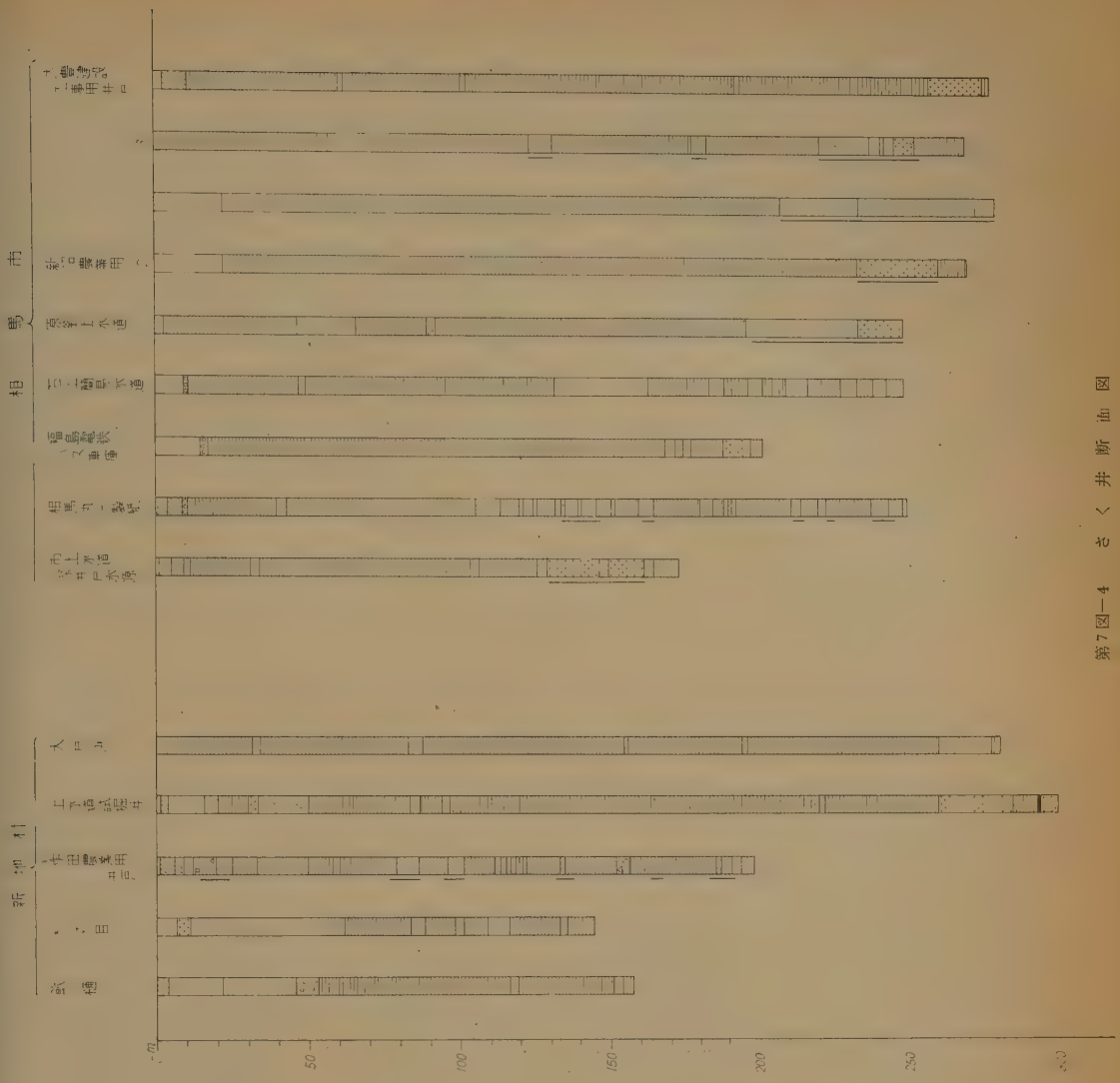
第8図—1のうち仙台市街地を中心とした鮮新統の地層中から収水する深井戸を白丸で示し，更新統あるいは，更新統と鮮新統の両者から収水する深井戸を黒丸で示している。白丸で示した井戸がほぼ30～100m³/day/m を示しているのに対し，雪印乳業・宮城化学・袋原など，



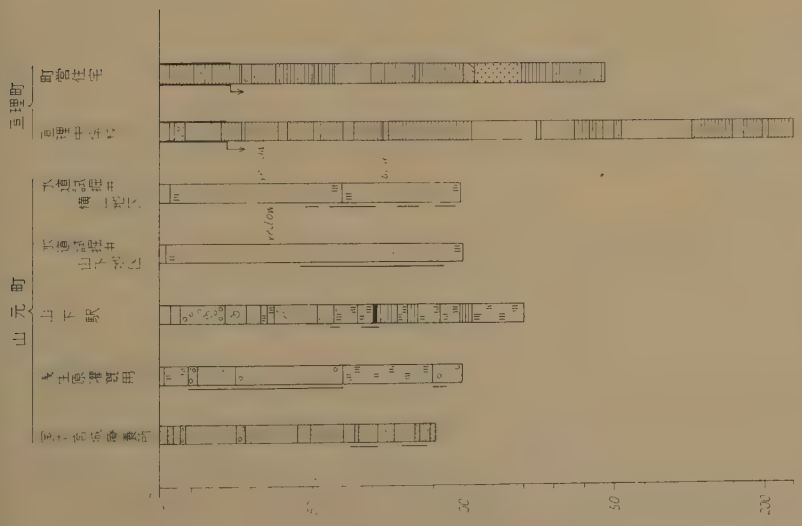
第7図—2 さく井断面図



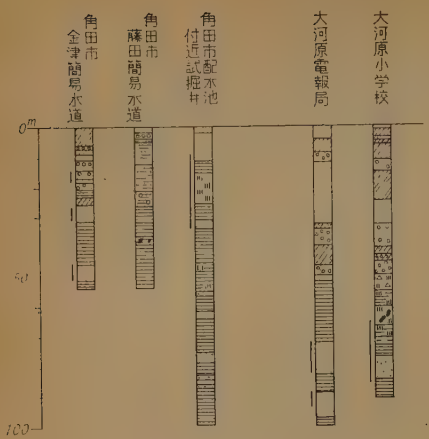
第7図—1 さく井断面図



第7図—4　さく井断面図



第7図—3　さく井断面図

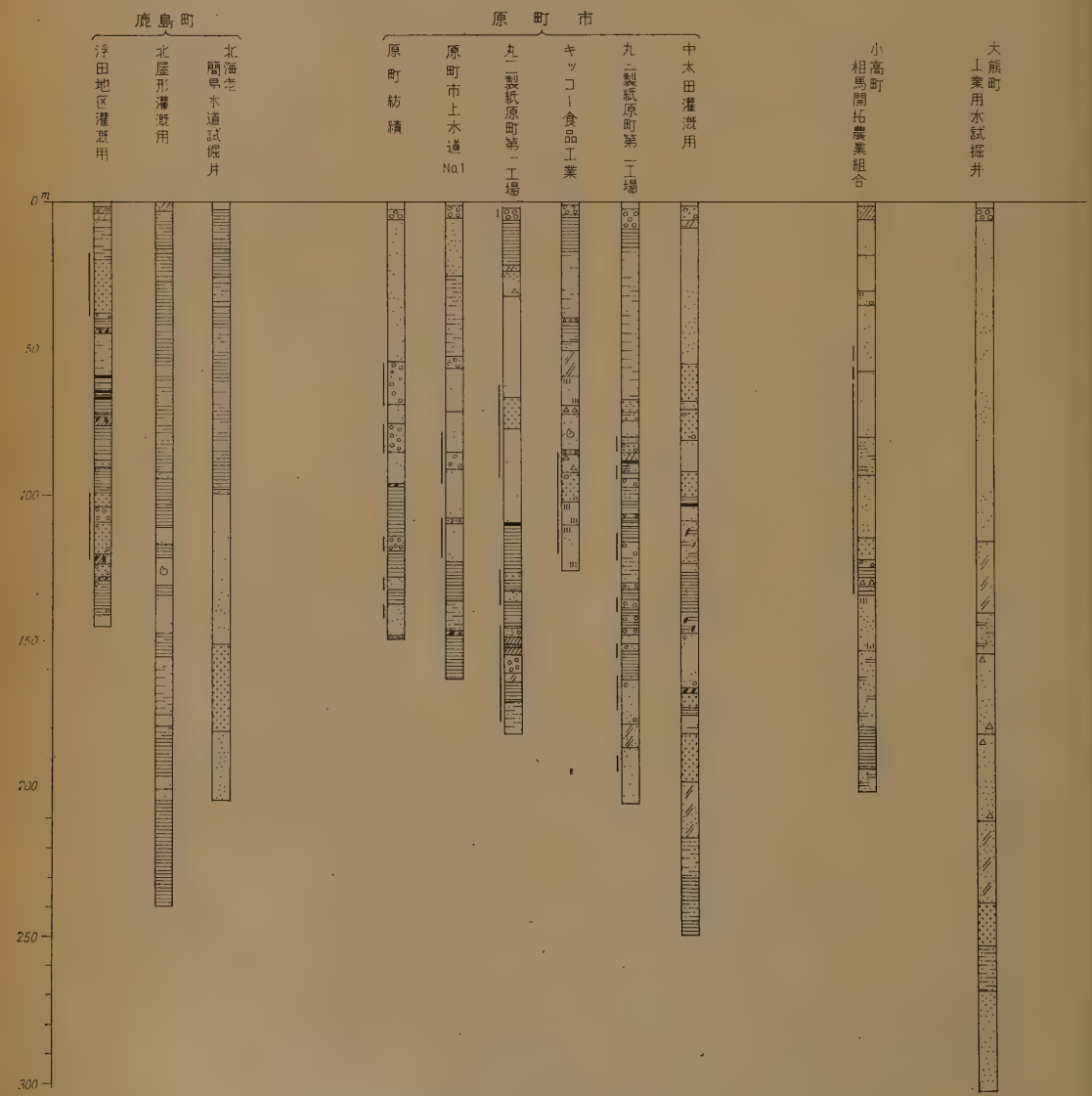


第7図—5　さ く 井 断 面 図

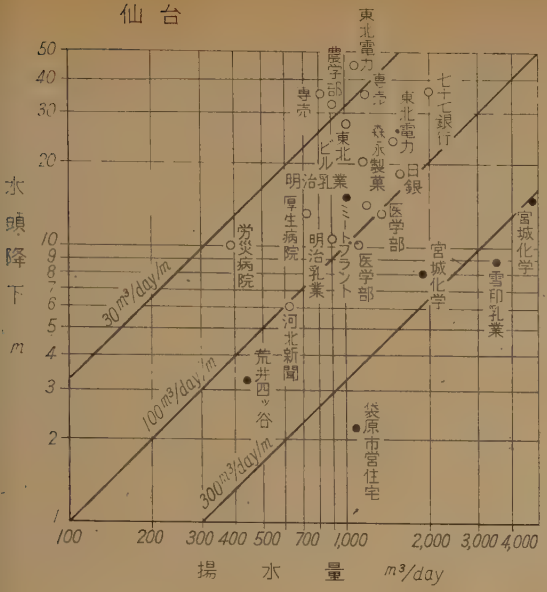
黒丸で示した深井戸の大部分が 300 m³/day 前後を示しており，全般的に黒丸で示した井戸の方が，はるかに比湧出量が多い。

また第8図—2において，閖上上水道水源が上述の黒丸で示した井戸群に近い値を示すが，鮮新統の地層を対象とする増田上水道水源など4井は，それより低い値を示している。角田盆地における深井戸は小口径であることもあるが，すべて 30m³/day/m 以下となっている。

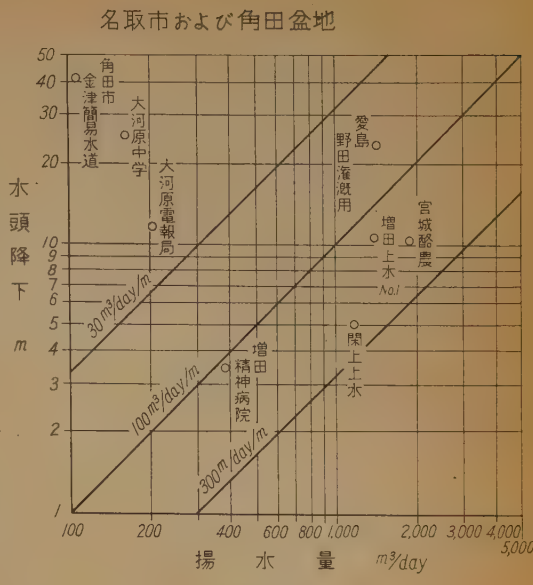
第8図—3は阿武隈川以南の山元町・相馬市・鹿島町・原町市・小高町の深井戸群であるが，300 m³/day/m 前後のものは，相馬市原釜上水道，磯部大浜簡易水道であり，一方供給帯に近い位置にある同市相馬丸三製紙では，60 m³/day/m と低い値となっている。また集水域



第7図—6　さ く 井 断 面 図



第8図－1



第8図－2

の狭い地区にある山元町の宮城国立療養所他1井が 100 m³/day/m以上を示している。原町市丸三製紙K.K. 第2工場井では，当市井戸群中もっとも高い値の約 200 m³/day/m を示している。この井戸は収水管が長いことと，下流側に位置する関係もあると考えられる。原町市における大半のものは 100m³/day/m 以下となっている。

6. 水　質

6.1 水質分析法

水質分析項目のうち，水温・pH・溶存酸素・酸度・アルカリ度・亜硝酸イオン・アンモニウムイオンおよび鉄（Ⅱ）イオンは，現地で採取直後の試料について分析したものであり，その他の成分は実験室に持ち帰って分析したものである。なおCOD・全鉄・マンガンは，現地で採取直後の試料を硫酸酸性（pH ≒ 1）にして暗所に保存したものについて，実験室で求めたものである。水質分析法は JISKO 101 の方法および地質調査所化学課資料 501(2)工業用水分析法による。

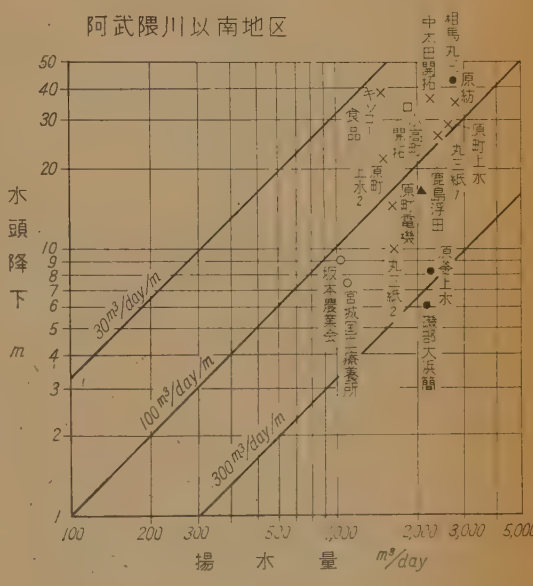
6.2 水質分析結果と試料採取位置図

採取地点位置は第2図～第6図に示し，これらの採取地点における水質分析結果は第3表に示す。No. 1～No. 34の試料は38年3月に採取し，No. 35～No. 88の試料は同年9月に採取した。

6.3 被圧地下水の水質

6.3.1 仙台市街地東方から阿武隈川左岸まで

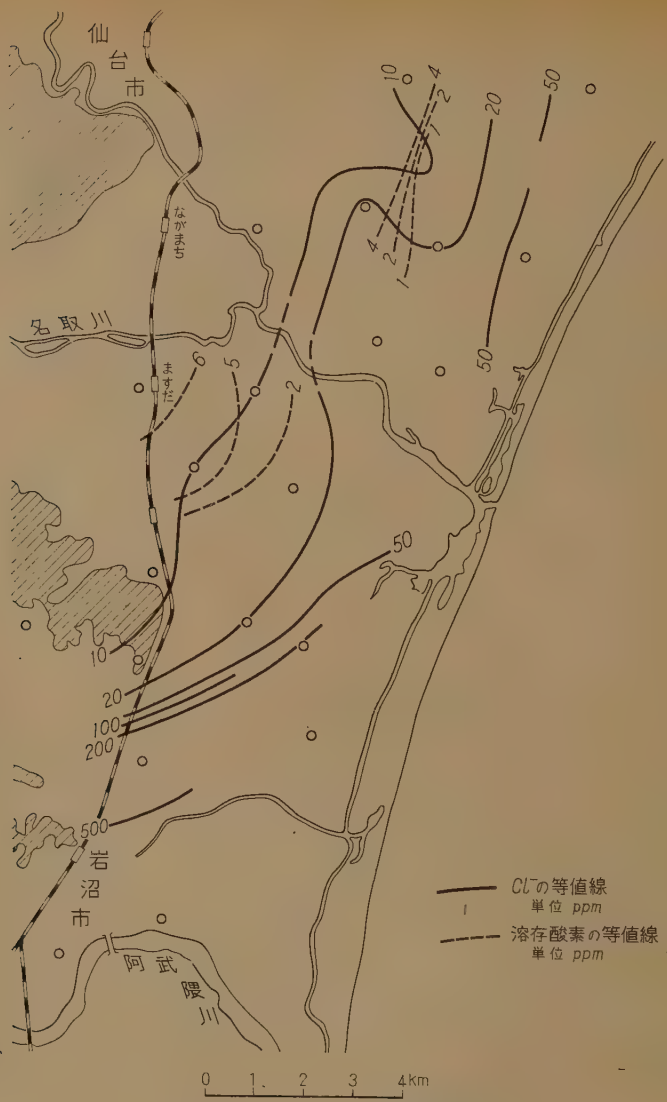
溶存酸素および Cl^- の分布を第9図に示したが，仙台市東部一帯では，西側から海岸に向かって Cl^- 値の増加の傾向が示され，また六丁目，南田中以東から急に，溶



第8図－3

存酸素の減少傾向がみられる。また名取川右岸側でも同様 Cl^- の増加，溶存酸素の減少傾向が認められる。仙台市東部の No. 1 および No. 7 では Cl^- 50ppm 以上の値を示すとともに Ca^{2+}，Mg^{2+} が極端に減少し，カチオンの大部分は Na^+ に置換されており，この付近の被圧地下水がかなり停滞的な環境下にあることが推定できる。

名取川右岸では溶存酸素の比較的飽和度の高い被圧地下水帯が，東北本線の西側から東南方向に拡がってお

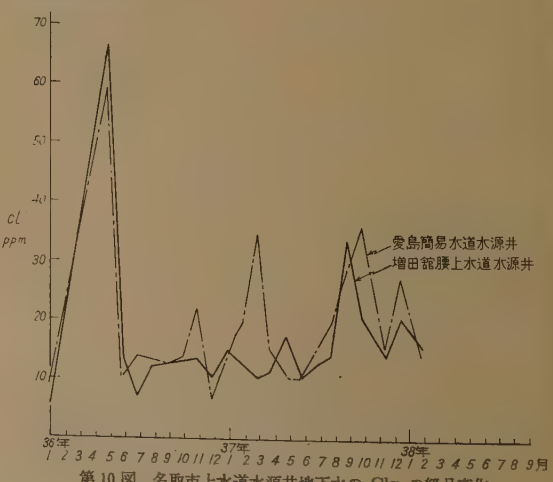


第 9 図　Cl⁻ および溶存酸素等値線図

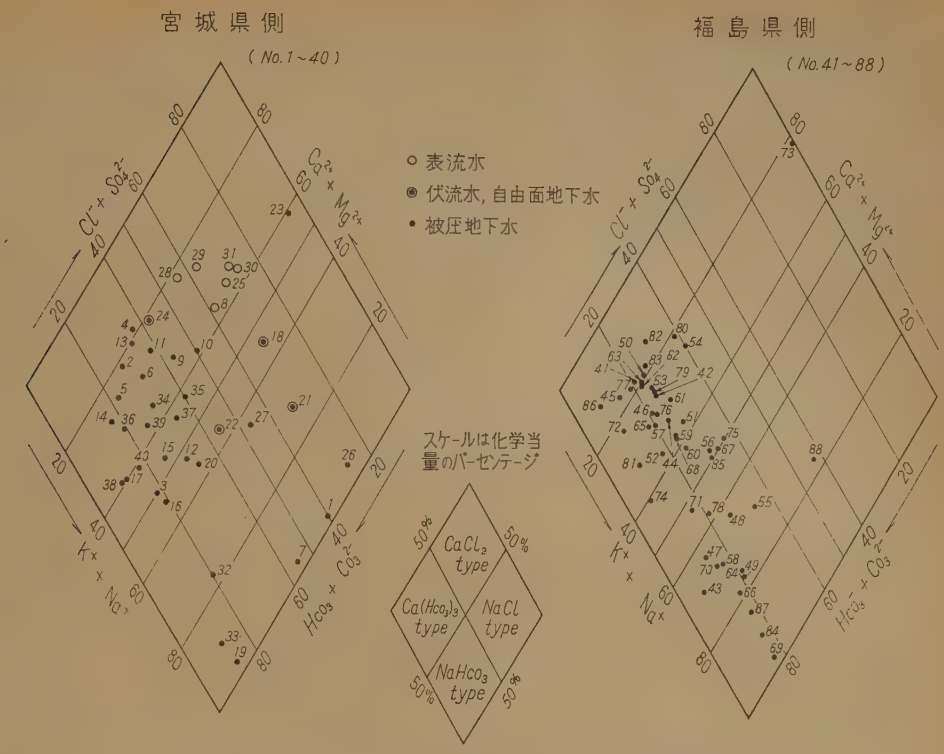
り，透水性のよい帯水層の分布が予想され水質は良好である。

名取市の西方小豆島の増田上水道水源の観測記録（市水道課資料）によると Cl⁻ の経月変化が比較的大きく（第10図参照），海岸から 7～8 km 離れた位置の被圧地下水が，数 ppm～数 10ppm の振幅を繰り返しており，海水浸入の影響とは考えられず，地下水供給帯の近接地だけに，風送塩の影響によるものとも考えられる。

増田川以南から阿武隈川流域にかけては，Cl⁻ の増加が著しく，名取市の本郷では数 100ppm，岩沼市での試料は 1,000ppm 以上になっている。Cl⁻ 値の高い被圧地下水は角田市および大河原町などの角田盆地一帯にも分布する。これらの塩分組成はNaClタイプのもの(No.



第 10 図　名取市上水道水源井地下水の Cl⁻ の経月変化



第 11 図　宮城・福島両県東海岸の被圧地下水などの化学的性質を示す図

21, 26, 27) と Ca (Mg) Cl タイプ (No. 23) を示すものがあり(第11図参照)，各成分比と相違するばかりでなく，Cl^- に対する SO_4^{2-} Mg^{2+}，Na^+ などが各測点ごとにかなりの相違がみられる。

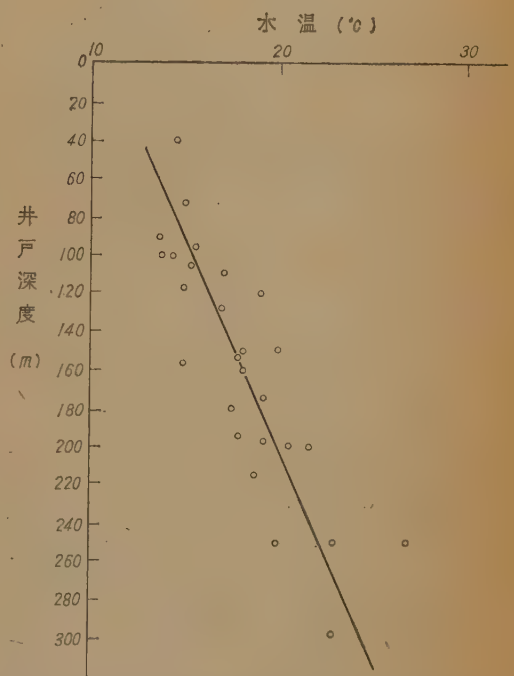
阿武隈川河口付近の被圧地下水の化学成分の比較

No.	Mアルカリ度 (epm)	Cl^- (epm)	SO^4/Cl (当量比)	Mg/Cl (当量比)	Na/Cl (当量比)	
21	3.85	276.2	0.004	0.145	1.053	
23	2.35	147.4	0.045	0.267	0.452	
26	6.31	445.3	0.325	0.127	1.695	
27	3.58	86.4	0.654	0.350	1.920	
角田市牛館	—	212.7	—	—	—	角田市上水道・試掘井水道課資料
標準海水	2.30	18,900	0.103	0.22	0.85	

角田市試掘井では Cl^-213 ppm であり，Fe^{2+}，Mn^{2+} も比較的多い。一方金津の簡易水道水源は，山脈寄りの地点であり，Fe^{2+}の少ない水を得ている。丸森町，岩沼市の上水道水源はいずれも阿武隈川に接近した浅井戸であるが，Fe^{2+} あるいは Mn^{2+} が多い。

6.3.2　亘理町・山元町

亘理町では阿武隈川沿いの自由面地下水に Fe^{2+},Mn^{2+} の存在が著しい。一方山際の鮮新統の地層を対象とした



第 12 図　新地，相馬，鹿島の各地区の井戸深度と水温の関係

被圧地下水は比較的良質であるが，全般に深度を増すと重炭酸塩，炭酸塩が増加する傾向を示し，深度 210mの井戸（No. 33）では，硬度が非常に小さく，溶存化学成分の組成は，$NaHCO_3$ タイプを示し（第11図参照），停滞性の地下水と考えられる。

山元町の横山から磯浜に至る間の地下水は，全般に SiO_2 が多い（70ppm台が5例，48ppm が1例）特徴をもっているが，Cl^-値 3～8 ppmの比較的良い水質である。

6.3.3 新地村・相馬市・鹿島町

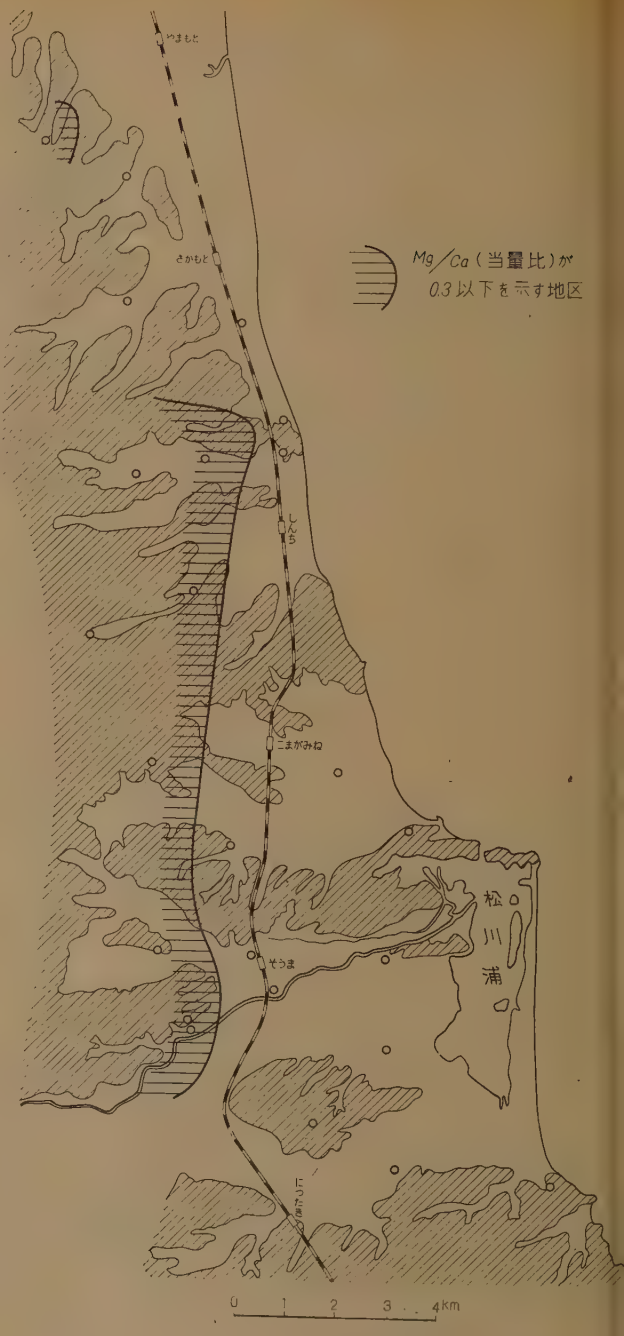
本地区では 300mまでの深度の井戸があり，深度と水温の相関が，第12図に示してある。 200m以深では，おおむね20℃以上を示す。一般に当地区の地下水は酸度が低く，したがってpH～RpHの差も小さい。またMアルカリ度1～2 epm 台，Cl^- ほぼ 3～5 ppmの値を示す。特徴として塩化物に比して硫酸塩が多いことがあげられる。No.54 は比較的遊離の炭酸を多く含み，pH6.7 を示し，溶存化学成分も多く異なった水質を示している。

山元町から相馬市にかけての山側の地下水（第13図参照）は $Ca^{2+}+Mg^{2+}/Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^+ +K$（当量比）が 0.6 以上を示し，なおかつ Mg^{2+}/Ca^{2+}（当量比）が 0.12－0.32 平均0.23（試料数 9）を示している。この関係を第14図に示したが， Mg^{2+}/Ca^{2+} の日本全国の平均値の近似的な値 0.6 に比較してやや異常値を示す。これは石灰岩地帯の地下水にみられる特徴であって，池田が先に青森県八戸市・大分県津久見市などの調査研究（文献表題参照）において経験した例からも明らかである。

八戸市の場合　　0.2（4試料の平均）

津久見市の場合　0.16（3試料の平均）

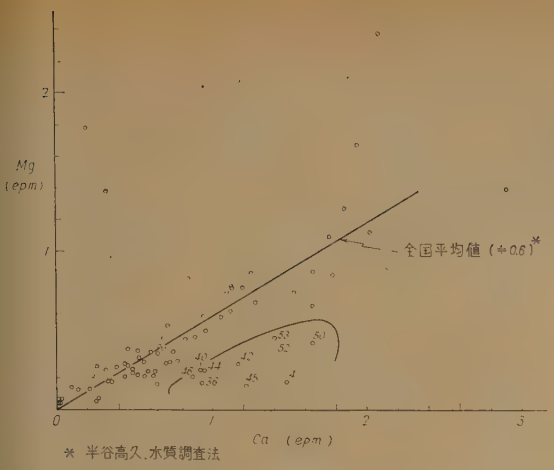
となっており，上記地区の地下水は，基盤岩中の石灰岩に影響されているものと推定される。相馬市では金谷，西山などが，そのタイプの水質を示している。また宇多川沿いに下流部に向かって，Ca^{2+} は減少し Na^+ と置換する傾向を示し（第15図），同時に SO_4^{2-}/Cl（当量比）が4.0～0.68と減少している。これらの水質組成の変化は，帯水層の透水性が小さいことからのイオン交換反応，還元反応によるものである。



第 13 図　Mg/Ca（当量比）図

6.3.4 原町市・小高町

原町市館下の No. 67 および海岸側の No. 72 は Fe^{2+} が多量に検出される。全般的にみてMアルカリ度，Cl^-，SO_4^{2-} などの陰イオン構成はそれぞれ 1 epm 前後，3ppm台，3～9 ppm の範囲内にあるが，被圧地下水の深度によって，陽イオン構成は変化し，深くなると硬度減，アルカリ増の傾向がある。片倉（No. 73）では溶存イオンの約80%が $CaSO_4$ で占めている特異なタイプの水質を示している。



＊ 半谷高久，水質調査法

第 14 図　本調査研究対象地域内の Ca と Mg との関係

第 15 図　流動方向および垂直方向の化学的性質の変化

小高町では小高川流域一帯は鉄分が多い特徴を有し，No. 76 は 1 ppm 以上を示す。小高工業高校では 200 m の井戸を，最初に掘ったが，非常に鉄分が多く，現在は埋め戻しを行なって浅層部のみを利用している。しかしそれでも 4.2ppm となっている。井田川流域一帯では鉄分は少なく，水質は比較的良い。

6. 3. 5　浪江町以南

浪江町は西側の供給帯に近い方で，鉄分が多く検出され，中央部，海岸部では少ない。　pH 7.0～8.2，M アルカリ度 1.1～2.0epm，Cl^- 5ppm 前後を示し，SO_4^{2-} は中央部に少ないが西側および海岸側で 12 -34ppm が検出される。　いずれも $Ca(HCO_3)_2$ タイプの化学成分組成である。

大熊町以南では四倉町を除いて，Cl^- 20ppm 以下 SO_4^{2-} 3～9ppm の $Ca(HCO_3)_2$ タイプまたは $NaHCO_3$ タイプの化学成分組成を示している。また大熊町の No. 84 はガス徴があり，楢葉町の No. 87 ではフミン質による着色が僅かながら認められる。

7.　結　　論

当地域の太平洋側では，基盤岩類の露出地帯と海岸線の間が，比較的狭隘であり，それらが南北方向の直線状の分布を示している。また基盤岩類で構成される阿武隈山地自体が，奥行きの浅い山脈であり，それを横断する河川はほとんど小河川となっている。一方被圧地下水の帯水層自身も，細粒堆積物が主体となっており，水量的には恵まれていない地域に属する。

当地域北部の隣接部には，地下水利用度がほぼ飽和状態に近いと考えられる仙台市街地一円を控えているが，地域全体での地下水の汲上げ量は，比較的少ない。しかし新産業都市・低開発地域開発地区の指定などに伴って，これらの地区での地下水開発は段々と活発化することが予想される。その場合例えば，臨海部の小範囲の中で集団的に大量揚水が行なわれたとすれば，集水域が狭く，外洋に直接面していることから，地下水の塩水化のおそれが充分考えられる。とくに名取川水系流域の50m 以浅に発達する被圧地下水の帯水層が比較的透水度の高い砂礫層を主体としているので，その開発には注意が必要であることと水理的環境に類似点のある八戸臨海工業地帯の被圧地下水は，ここ数年来塩水化が起きており，年々その濃度の増加，地帯の拡大が認められる。

また比較的揚水井戸の多い名取市・相馬市・原町市などでは，1 井当り 2,000～3,000m³/day を揚水するものもあり，現時点においては可能なことではあるが，広範囲に渉っての井戸干渉を起している場合も見受けられる。

今後臨海地域において，コンビナート工業地帯などになることを仮定した場合，その中における地下水開発の一応の目安として，次のことが望ましい。すなわち揚水井相互の間隔は 300～ 500m程度とし，1 井当りの揚水量は 1,000～1,500m³/day 程度とすることが妥当と考えられる。また開発の進行とともに 1,000m³/day 程度に減量することをも考慮に入れておく必要があろう。

文　献

浅野　清他13名（1955）：福島県相馬市松川浦の生態学的並に堆積学的研究（総合研究）その 1，そ

第3表　仙台市東部から福島県

番号	試料採取地点	水源の種類	ストレーナーの位置（ ）は井戸深度 (m)	外観	水温 (°C)	pH	RpH	溶存酸素 (DO) (Oppm)	酸度 (epm)	アルカリ度 M— (epm)	アルカリ度 P— (epm)
1	宮城県仙台市下岡田堀切	C	(30)	無色透明	12.3	7.8	7.9	0.19	0.09	2.07	0.00
2	〃 仙台市簡易水道事業6丁目水源	C	(45)	〃	13.8	7.1	7.6	4.85	0.12	1.74	0.00
3	〃 荒井南	C	(51)	〃	13.7	6.9	7.7	0.40	0.34	1.83	0.00
4	〃 南田中	C	(27)	〃	11.2	6.7	7.5	4.61	0.51	1.57	0.00
5	〃 雪印K.K.仙台工場	C	(150)	〃	13.5	7.1	7.6	—	0.09	1.27	0.00
6	〃 藤田新田簡易水道水源	C	(36)	〃	14.1	6.9	7.8	0.42	0.37	1.63	0.00
7	〃 南長沼養鯉場	f	(29)	〃	13.8	7.6	7.8	1.39	0.00	2.20	0.00
8	〃 名取川表流水東北本線鉄橋上流 100m	R		〃	4.4	7.0	7.3	—	0.02	0.35	0.00
9	〃 小在家10番地	C		〃	9.3	6.8	7.8	—	0.42	1.79	0.00
10	〃 仙台市立東六郷小学校	C	(21.5)	〃	13.9	6.9	7.6	2.14	0.24	1.59	0.00
11	〃 中田町ミートプラント	C	(70)	〃	14.4	7.1	7.5	7.17	0.12	0.72	0.00
12	〃 袋原市営住宅簡易水道水源	C	(140)	〃	14.3	7.2	7.8	2.55	0.03	0.89	0.00
13	名取市上余田千苅田阿部宅	C	(28.8)	〃	10.6	6.7	7.6	5.37	0.51	1.36	0.00
14	〃 若宮簡易水道水源	C	(40)	〃	14.8	6.9	7.8	—	0.50	1.95	0.00
15	〃 名取市上水道閖上水源1号井	C	(46)	〃	13.5	7.2	7.7	—	0.34	2.91	0.00
16	〃 宮城酪農協同組合	C	(150)	〃	17.9	7.2	7.6	0.13	0.24	1.46	0.00
17	〃 耕谷東組簡易水道水源	C	(38)	〃	12.4	7.2	7.9	0.79	0.64	4.69	0.00
18	〃 杉ケ袋	C	(23.5)	〃	12.2	7.2	7.4	—	0.24	3.09	0.00
19	〃 愛島簡易水道水源	C	(162) 28〜43 138〜151	〃	20.5	8.3	8.3	0.55	0.00	1.75	0.00
20	〃 名取市上水道増田第2水源	C	(150) 45〜120 (4層)	〃	14.4	6.7	7.5	10.70	0.30	0.83	0.00
21	〃 本郷字焼野	C	(41)		13.4	6.9	7.6	0.09	1.52	3.85	0.00
22	〃 自衛隊矢の目基地	F	(6)	白色コロイド状沈殿物 ($Fe(OH)_3$)の浮遊	13.4	7.2	7.8	0.07	0.81	4.52	0.00
23	岩沼町押分鎌田宅	C	(60)	無色透明	13.4	6.6	8.2	0.25	3.72	2.35	0.00
24	〃 岩沼町上水道水源	F	(12)	〃	14.3	6.8	7.7	—	0.71	2.00	0.00
25	〃 阿武隈川表流水阿武隈橋	R		浮遊物あり 濁度10.2°	8.7	7.1	7.4	—	0.03	0.45	0.00
26	大河原町電信電話局	C	72〜94.5 (2層)	無色透明	16.0	8.0	8.2	—	—	6.31	0.00
27	〃 大河原中小学校	C	65.3〜86.5	〃	15.3	7.5	8.2	—	—	3.58	0.00
28	柴田町上水道水源(白石川伏流水)	U		〃	7.9	6.5	7.3	—	0.29	0.59	0.00
29	〃 白石川表流水東北本線鉄橋上流 500m	R		浮遊物あり 濁度10.8°	6.6	7.1	7.2	—	0.03	0.41	0.00
30	丸森町阿武隈川丸森橋	R		〃 〃 13.0°	5.0	6.8	7.2	—	0.02	0.48	0.00
31	〃 丸森町上水道水源	F	(11)	白色コロイド状沈殿物 ($Fe(OH)_3$)の浮遊	9.	5.9	7.0	—	0.86	0.50	0.00
32	角田市金津地区簡易水道水源	C	(53) 14.4〜51.0 (3層)	無色透明	14.9	7.0	7.8	—	0.59	2.61	0.00
33	亘理町亘理中学校	C	(210)	〃	14.4	9.2	9.2	—	0.00	2.94	0.32
34	〃 K.K.佐藤製錬所	C	(123) 36〜123	〃	16.7	6.8	7.6	0.04	0.51	1.25	0.00
35	山元町横山八手庭南田岩佐宅	f	(144)	〃	14.1	6.7	7.4	0.79	0.24	0.65	0.00
36	宮城県山元町浅生原カンバツ対策井戸	f	(約100)	無色透明	13.8	6.7	7.8	3.04	0.46	1.27	0.00
37	〃 国立宮城療養所2号井	C	(91) 68〜91 (2層)	濁度 5.1°	14.3	6.7	7.4	1.07	0.56	0.75	0.00
38	〃 坂元簡易水道水源	f	(96)	淡褐色コロイド状沈殿物あり	15.6	6.6	7.5	—	0.37	0.68	0.00
39	〃 中浜小学校 〃 〃	f	(150)	無色透明	18.6	7.2	7.6	3.09	0.09	0.98	0.00
40	〃 磯浜 〃 〃	f	不明	〃	22.6	8.1	8.1	—	0.00	1.63	0.00
41	福島県新地村福田小学校	f	(100)	〃	14.4	7.2	7.6	1.09	0.22	1.64	0.00
42	〃 〃 埒木崎木崎	f	(150)	〃	18.1	7.2	7.7	0.59	0.20	1.43	0.00
43	〃 〃 埒木崎	f	(250)	〃	26.9	7.7		—	—	2.01	0.00
44	〃 〃 新地農業用井戸	f	(295)	〃	16.3	7.2	7.7	—	0.22	1.36	0.00
45	〃 〃 飯樋 〃 〃	f	(157)	〃	14.9	7.2	7.7	1.89	0.18	1.29	0.00

太平洋側の地域水質分析結果表　（1）

No. 1～34（調査　昭和38年3月），No. 35～88（昭和38年9月）

Cl^- (ppm)	NO_2^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	NH_4^+ (ppm)	Na^+ (ppm)	K^+ (ppm)	鉄 total Fe (ppm)	鉄 Fe^{2+} (ppm)	Mn^{2+} (ppm)	Ca^{2+} (ppm)	Mg^{2+} (ppm)	全硬度 ($CaCO_3$) (ppm)	SiO_2 (ppm)	P (ppm)	酸素消費量 (COD) (Oppm)	
89.5	0.00	20.7	0.17	112.2	1.3	0.11	0.06	0.03	0.6	0.9	5.1	26.7	0.90	0.82	
15.6	0.00	11.9	0.00	11.9	1.0	0.13	0.13	0.08	22.6	9.4	95.1	37.9	0.00	0.40	
9.1	0.00	6.7	tr	24.4	2.1	0.10	0.10	0.00	15.1	4.4	55.8	64.0	0.20	0.40	
21.0	0.00	14.0	0.16	9.9	1.5	0.36	0.36	0.09	24.1	9.4	99.0	38.6	0.00	0.54	
5.5	0.00	9.6	0.10	8.6	1.7	0.15	0.07	0.04	13.8	5.5	57.3	63.0	0.12	0.40	
19.6	0.00	11.0	0.10	13.2	5.5	0.12	0.12	0.03	6.4	16.8	85.0	40.0	0.01	0.43	
59.0	0.00	7.8	0.20	84.9	2.8	0.19	0.19	0.04	0.2	0.9	4.1	37.8	0.61	0.54	
9.2	0.00	13.3	0.10	6.5	0.8	1.50	0.00	0.11	7.0	2.1	26.1	22.5	0.00	1.26	
30.0	0.02	24.4	0.10	22.2	4.3	0.15	0.15	0.00	25.0	10.5	105.7	42.2	0.09	0.54	
33.4	0.00	29.3	0.14	24.4	8.0	0.32	0.32	0.00	4.0	21.8	99.4	37.3	0.00	0.39	
6.2	0.00	13.2	0.10	6.6	1.1	0.11	0.03	0.03	10.8	4.0	45.6	37.3	0.03	0.47	
10.4	0.00	16.3	0.10	15.5	1.9	0.43	0.15	0.08	6.5	3.8	32.0	52.0	0.54	0.28	
10.0	0.00	19.8	0.06	9.1	1.7	0.24	0.15	0.03	21.2	7.0	81.7	42.0	0.00	0.42	
11.8	0.00	3.5	0.08	11.9	2.8	0.13	0.10	1.45	17.0	10.1	84.0	50.0	0.38	0.44	
27.6	0.00	8.2	0.15	38.6	5.9	0.21	0.13	0.84	25.7	8.3	98.6	47.0	0.61	1.01	
4.9	0.00	9.2	0.53	17.8	2.5	1.57	1.50	0.18	11.5	2.6	39.6	73.5	0.08	0.94	
20.8	0.00	2.9	0.47	43.8	10.0	0.29	0.16	3.36	23.8	25.3	163.4	41.1	0.40	8.23	
224.8	0.00	28.2	0.31	115.6	13.8	0.43	0.25	1.95	41.9	28.9	223.4	37.5	0.16	1.06	
4.8	0.00	6.0	0.14	44.2	1.2	0.37	0.29	0.08	0.5	0.5	3.3	73.0	0.30	0.59	細かい気泡（ガス徴？）
11.7	0.00	3.4	0.10	14.0	2.9	0.25	0.22	0.03	6.8	2.2	26.3	69.5	0.09	0.43	
276.2	0.00	2.0	3.66	189.	9.7	5.00	4.58	1.28	40.4	13.7	157.3	59.5	0.00	4.60	
112.3	0.00	18.2	0.91	79.5	8.4	4.08	4.08	0.36	58.3	17.0	215.2	31.6	0.18	2.52	
1474.	0.00	89.0	1.05	432.	14.7	0.44	0.39	1.45	313.	135.	1339.	62.5	0.00	3.28	
16.3	0.00	51.0	0.86	15.7	4.2	4.04	4.04	0.30	35.3	13.3	143.7	42.0	0.00	1.52	
11.9	tr	29.9	0.14	9.0	1.4	0.60	0.08	0.06	12.6	2.9	43.1	20.5	0.00	0.66	
445.3	0.09	196.	0.20	489.	5.0	0.16	0.07	0.00	12.8	1.9	40.0	33.8	0.01	2.88	
86.4	0.00	76.6	0.30	107.4	3.8	0.20	—	0.59	35.8	10.4	131.8	32.1	0.06	0.89	
6.8	0.00	26.5	0.20	6.0	1.3	0.55	0.36	0.13	12.3	4.4	48.6	26.7	0.00	0.62	
5.8	0.00	24.8	0.14	5.7	0.9	0.66	0.12	0.12	10.3	2.7	36.6	22.1	0.00	0.95	
16.7	0.04	38.5	0.47	13.1	1.7	0.68	0.15	0.11	14.7	3.6	51.7	18.5	0.03	2.24	
21.6	0.00	30.0	0.20	11.7	3.3	1.76	0.15	0.57	13.9	4.7	54.2	27.1	0.02	0.54	Cl_2注入，残留塩素0.6ppm有
20.2	0.00	2.4	1.44	52.7	4.1	0.39	0.38	0.26	10.0	2.7	35.8	53.0	0.09	0.98	
4.0	0.00	14.5	0.18	65.0	1.8	0.23	0.06	0.08	5.0	0.8	15.7	52.0	0.05	0.55	ハイポライト原水に注入
6.8	0.00	16.6	0.30	11.3	3.5	2.22	2.11	0.42	13.0	4.9	52.7	70.0	0.01	0.60	
6.5	0.00	12.5	0.00	9.0	3.3	0.74	0.54	0.05	7.0	3.4	31.3	78.2	0.02	0.61	
8.5	0.00	2.5	0.00	10.5	1.9	0.14	0.06	0.06	18.6	2.1	54.9	48.0	0.01	0.42	
7.1	0.00	9.0	0.00	9.8	3.4	1.05	0.71	0.09	7.7	3.3	32.5	73.2	0.01	0.58	
408	0.00	5.0	0.00	7.2	2.2	1.48	0.40	0.01	6.2	3.0	27.9	75.4	0.02	0.43	
3.5	0.00	1107	0.42	11.4	1.2	0.15	0.14	0.03	12.4	2.5	41.3	72.6	0.09	0.48	
4.7	0.00	10.2	0.76	18.9	1.2	0.24	0.17	0.05	18.4	3.0	58.0	72.4	0.01	0.46	
6.5	0.00	12.1	0.22	7.3	1.7	0.39	0.24	0.01	29.5	2.1	82.2	79.8	0.05	0.44	
6.1	0.00	15.0	0.43	9.8	1.4	0.66	0.45	0.09	23.5	3.5	72.8	69.2	0.03	0.50	
3.3	0.00	4.2	—	35.0	3.5			0.00	8.9	3.5	36.4	84.0	0.02	—	
4.4	0.00	14.3	0.70	12.8	1.7	0.86	0.68	0.00	19.1	3.0	60.0	76.4	0.02	0.45	
3.7	tr	11.7	0.08	5.5	1.9	0.30	0.29	0.00	24.5	1.8	68.4	58.6	0.04	0.42	

番号	試料採取地点	水源の種類	ストレーナの位置（ ）は井戸深度 (m)	外観	水温 (°C)	pH	RpH	溶存酸素 (DO) (Oppm)	酸度 (epm)	アルカリ度 M— (epm)	アルカリ度 P— (epm)
46	相馬市椎木北向大浦宅	f	(約40)	無色透明	14.5	6.8	7.6	0.32	0.17	1.10	0.00
47	〃 新沼干拓共同井戸	f	(120)	〃	19.1	8.0	8.0	—	0.00	1.71	0.00
48	〃 石上簡易水道水源	f	(298)	〃	23.0	7.8	8.0	—	0.10	1.67	0.00
49	〃 原釜 〃 〃	C	(250)200～250	〃	23.1	7.1	7.7	0.43	0.30	1.66	0.00
50	〃 金谷 〃 〃	f	不明	〃	20.3	7.6	8.0	—	0.09	1.91	0.00
51	〃 福島電鉄交通部車庫	C	(200)	〃	20.6	7.0	7.5	0.12	0.20	0.91	0.00
52	〃 相馬丸三製紙K.K.	C	(250)	〃 濁度 3.2°	20.0	7.3	7.9	0.47	0.28	2.36	0.00
53	〃 相馬市上水道浄水場	C	(175)	無色透明	19.3	7.2	7.8	0.53	0.20	1.78	0.00
54	〃 中村製氷K.K.	C	(200)	〃	16.7	6.7	7.5	—	2.03	2.99	0.00
55	〃 北稲田 門馬宅	C	(153)	〃	17.9	7.4	8.0	0.32	0.18	2.49	0.00
56	〃 飯豊簡易水道水源	C	(200)	〃	17.3	6.8	7.8	0.41	0.65	2.48	0.00
57	〃 百尺観音前	C	(195)	微白濁 濁度 22°	15.8	7.1	7.9	—	0.46	2.08	0.00
58	〃 日下石	f	(162)	無色透明	18.0	7.8	8.0	0.32	0.06	2.68	0.00
59	〃 磯部簡易水道水源	C	115～182(4層)	〃	21.7	7.5	7.7	0.54	0.06	1.12	0.00
60	〃 八沢浦干拓地石橋宅	f	(216)	〃	18.8	7.8	7.9	—	0.04	1.19	0.00
61	〃 鹿島町岡和田佐藤宅	f	(72)	〃	15.0	7.2	7.5	0.35	0.08	0.86	0.00
62	〃 北畑 木村〃	f	(234)	〃	17.0	7.7	7.8	0.37	0.06	1.30	0.00
63	〃 塩崎 桑堀〃	f	(126)	〃	17.1	7.9	8.0	0.32	0.05	1.38	0.00
64	〃 小島田早瀬川〃	f	(196)	〃	19.2	7.5	7.8	0.57	0.04	1.19	0.00
65	〃 南右田中野〃	f		〃	17.9	7.9	7.9	0.69	0.04	1.39	0.00
66	〃 鳥崎共同井戸	f	(180)	〃	17.5	8.4	8.4	0.41	0.00	1.28	0.00
67	原の町市市上水道第一水源	C	70～103(2層)	〃	15.2	7.0	7.4	0.32	0.13	0.59	0.00
68	〃キッコー食品工業KK福島工場	f	85～110	〃	17.1	7.8	7.8	—	0.04	0.91	0.00
69	〃 高平農業協同組合	f	不明	〃	17.7	7.6	7.7	0.43	0.05	1.25	0.00
70	〃 丸三製紙KK原町第二工場	C	79～194(7層)	〃	17.9	7.4	7.6	0.20	0.09	1.04	0.00
71	原の町市下渋佐 湊宅	f	不明	〃	16.4	8.2	8.2	0.89	0.00	1.12	0.00
72	〃 南萱浜六軒屋上村 〃	f	(118)	〃	15.0	7.0	7.5	0.12	1.20	2.80	0.00
73	〃 片倉八重米坂佃野 〃	f	(90)	〃	13.6	5.8	7.2	0.10		0.06	0.00
74	〃 江井仁坂山田 〃	f	不明	〃	16.4	7.5	7.8	1.08	0.15	2.11	0.00
75	小高町金谷地区改田用井戸	C	(250)	〃	13.9	6.6	7.3	0.26	0.46	0.48	0.00
76	〃 小高銀砂工場	f	(90)	〃	15.7	7.2	7.6	0.33	0.19	1.39	0.00
77	〃 上浦・中村・斎藤・重成方	f	(171)	〃	16.6	8.2	8.2	0.45	0.00	1.25	0.00
78	〃 井田川浦干拓地	f	(216)	〃	18.5	8.2	8.2	0.38	0.00	1.43	0.00
79	浪江町苅宿原下吉田方	f	(約180)	〃	15.9	7.0	7.5	0.09	0.20	1.16	0.00
80	〃 二又 植田秀一方	f	(約180)	〃	16.6	7.0	7.5	0.12	0.19	1.39	0.00
81	〃 浪江町役場	C	(180)	〃	15.6	8.2	8.2	0.33	0.00	1.98	0.00
82	〃 請戸小学校	f	(180)	〃	17.5	7.9	8.0	0.34	0.02	1.87	0.00
83	双葉町長塚三ノ宮石川義孝方	f	(211)	〃	17.8	7.8	7.9	0.56	0.00	1.68	0.00
84	大熊町夫沢志賀秀正方	f	不明	〃	18.4	8.8	8.8	0.47	0.00	2.38	
85	〃 熊川	f	(126)	〃	16.9	8.2	8.2	0.40	0.00	1.36	0.00
86	富岡町根本宇佐美旧馬方	f	(72)	〃	14.6	7.4	7.8	0.47	0.17	2.91	0.00
87	楢葉町前原松本友恵方	f	(120)	微かに着色あり	17.6	8.4	8.4	0.57	0.00	2.84	0.00
88	四ツ倉町会川鉄工所	f	(150)	無色透明	17.5	7.9	8.0	0.48	0.07	4.58	0.00

（注1） 水源の種類
R：河川水
F：自由面地下水
C：被圧地下水
f：自噴性地下水
U：伏流水

（注2） 表示法
1. SiO_2：比色によるイオン状ケイ酸
2. P：可溶性燐

Cl^- (ppm)	NO_2^- (ppm)	SO_4^{2+} (ppm)	NH_4^+ (ppm)	Na^+ (ppm)	K^+ (ppm)	鉄 total Fe (ppm)	鉄 Fe^{2+} (ppm)	Mn^{2+} (ppm)	Ca^{2+} (ppm)	Mg^{2+} (ppm)	全硬度 ($CaCO_3$) (ppm)	SiO_2 (ppm)	P (ppm)	酸素消費量(COD) (Oppm)	
5.0	0.00	15.2	0.33	8.4	1.9	0.37	0.28	0.01	17.5	2.6	54.2	67.4	0.03	0.58	
5.9	0.00	13.0	0.84	31.7	1.3	0.10	0.09	0.03	9.1	3.5	37.0	66.4	0.06	1.53	
4.5	0.00	29.8	2.37	32.9	5.3	0.17	0.14	0.07	12.8	2.9	43.8	70.0	0.09	0.67	
7.5	0.00	10.2	0.99	34.6	3.5	3.33	1.53	0.05	6.9	2.4	26.9	78.7	0.11	1.09	
5.5	0.00	20.5	0.70	9.9	1.9	0.11	0.08	0.00	33.0	5.1	103.3	66.8	0.14	0.58	
5.2	0.00	9.7	0.82	10.0	2.5	2.03	2.03	0.03	11.3	3.6	42.8	77.2	0.03	1.04	
4.1	0.00	19.7	0.85	24.1	2.8	0.46	0.46	0.08	28.1	4.8	89.9	69.2	0.21	1.14	
4.4	0.00	23.0	0.83	12.5	2.4	0.27	0.22	0.06	28.1	5.5	92.8	62.0	0.08	0.58	
40.2	0.00	41.0	2.14	27.8	3.0	4.85	4.85	1.22	39.1	20.5	181.9	46.0	0.00	4.43	
26.9	0.00	25.2	0.85	56.5	8.0	0.71	0.68	0.01	15.7	3.8	54.7	72.4	0.15	1.16	
27.6	0.00	16.3	0.36	35.0	10.3	0.61	0.50	0.20	22.1	9.0	92.0	48.6	0.52	2.60	
5.7	0.00	17.3	1.20	17.8	1.2	0.77	0.60	0.10	22.4	9.5	94.8	72.6	0.11	1.89	
3.7	0.00	20.5	0.89	47.4	5.9	0.11	0.10	0.03	14.0	3.5	49.4	73.2	0.21	1.34	
5.1	0.00	11.5	0.04	13.0	2.6	0.10	0.08	0.00	10.4	4.5	44.3	62.2	0.04	0.59	
4.2	0.00	12.8	0.30	16.5	1.3	0.50	0.13	0.03	11.6	3.4	43.0	73.0	0.11	0.47	
3.7	0.00	11.7	0.05	6.8	2.2	1.50	1.04	0.03	9.3	4.6	41.9	64.6	0.08	0.46	
4.9	0.00	11.5	0.04	7.2	0.7	0.36	0.17	0.03	17.8	5.6	67.5	74.9	0.13	0.43	
4.2	0.00	12.2	0.02	6.8	0.6	0.14	0.08	0.00	19.3	6.1	73.2	72.6	0.20	0.32	
4.0	0.00	10.3	0.18	24.7	2.4	0.17	0.04	0.01	4.3	1.6	17.3	74.8	0.18	0.56	
4.1	0.00	9.0	0.34	10.6	0.9	0.20	0.07	0.01	19.0	2.9	59.4	79.4	0.09	0.49	
3.4	0.00	9.0	0.32	26.4	2.2	0.24	0.14	0.05	5.5	0.8	17.1	68.4	0.16	0.91	H_2S臭あり
3.3	0.00	9.4	0.30	8.7	2.4	2.29	2.21	0.05	4.6	2.6	22.4	70.0	0.05	0.71	
3.8	0.00	8.3	0.08	9.3	1.6	0.13	0.10	0.02	9.7	3.2	37.5	75.3	0.22	0.47	
3.9	0.00	6.3	0.25	30.2	3.6	0.73	0.40	0.01	0.3	0.5	3.1	58.1	0.19	0.73	
3.4	0.00	3.9	0.33	19.5	5.1	0.48	0.41	0.03	2.1	1.7	12.2	60.0	0.06	0.50	
3.7	0.00	6.4	0.16	15.4	2.3	0.28	0.13	0.03	8.8	2.5	32.4	75.3	0.14	0.38	
7.4	0.00	6.0	0.43	13.6	6.7	9.76	9.76	0.79	38.6	6.8	124.1	74.8	0.00	1.98	
3.4	0.00	202.	0.71	17.8	4.1	8.06	7.80	0.13	37.2	15.5	156.4	44.9	0.00	0.57	
4.9	0.00	9.2	0.24	21.8	2.5	0.66	0.54	0.01	23.7	3.5	73.2	71.2	0.22	0.50	
7.3	0.00	18.7	0.31	10.1	3.1	1.92	1.59	0.03	5.2	3.3	26.5	62.4	0.03	0.88	
4.9	0.00	11.9	0.29	11.0	1.4	1.54	1.46	0.08	14.4	6.5	62.9	72.4	0.05	0.60	
4.3	0.00	8.9	0.00	5.9	0.7	0.12	0.10	0.00	16.6	5.4	63.9	59.2	0.15	0.39	
3.3	0.00	13.5	0.00	23.4	0.9	0.25	0.17	0.01	9.6	2.9	35.8	64.1	0.14	0.46	
5.1	0.00	11.6	0.50	7.6	2.3	2.41	2.41	0.41	14.7	5.3	58.6	71.0	0.02	0.96	
4.9	0.00	33.6	0.46	9.7	1.9	3.32	3.22	0.23	21.7	7.6	85.4	59.9	0.01	1.09	
5.2	0.00	3.5	0.06	16.2	0.8	0.37	0.13	0.00	19.0	7.2	76.9	50.4	0.15	0.94	
5.6	0.00	33.6	0.01	9.5	0.7	0.39	0.17	0.01	33.0	8.0	115.1	51.6	0.09	0.72	H_2S臭あり
9.3	0.00	33.8	0.00	10.8	0.7	0.24	0.24	0.00	30.7	9.0	113.5	61.0	0.10	0.84	
13.4	0.00	4.9	0.35	58.3	2.6	0.37	0.31	0.03	2.9	1.4	13.2	47.8	0.17	1.58	ガス微あり
17.9	0.00	3.4	0.28	21.3	3.0	0.23	0.19	0.02	13.1	4.4	50.9	46.0	0.06	0.86	
4.8	0.00	5.0	0.25	9.5	1.3	0.14	0.11	0.16	44.6	7.3	141.0	78.4	0.69	1.31	
13.8	0.00	9.5	1.36	63.4	4.0	0.18	0.18	0.05	9.1	1.1	27.5	57.8	0.11	2.80	
129.2	0.00	126.5	5.2	185.3	11.8	0.28	0.28	0.03	33.0	10.6	125.7	57.0	0.12	1.44	

分析：池田喜代治

参考　酸　　度（$CaCO_3$ ppm）：（epm）×50.045
　　アルカリ度（$CaCO_3$ ppm）：（epm）×50.045
　　ドイツ硬度（°dH）　　：全硬度（$CaCO_3$ ppm）×0.056

の2，東北大学理学部地質学古生物学教室研究報告，no. 45；46

安藤武他4名（1956）：福島県常磐地域工業用水源調査報告（地調受託調査），福島県

半沢正四郎（1954）：日本地方地質誌，東北地方，朝倉書店

経済企画庁（1963）：全国地下水（深井戸）資料台帳，東北編

木野義人・池田喜代治：大分県下の地下水について（未発表）

小西泰次郎他3名（1962）：仙台・塩釜地区工業用水源調査報告，地質調査所月報，vol. 13, no. 5

森和雄・池田喜代治（1964）：青森県八戸市および上北・下北一円の地下水について，地質調査所月報，vol. 15, no. 5

尾原信彦他5名（1963）：仙塩地区地下構造調査報告書，仙台通産局，地質調査所

奥津春生（1953）：宮城県内工場適地の地質および工業用水（主として地下水）について，宮城県商工部

小貫義男・北村信（1963）：20万分の1宮城県地質図，内外地図K.K.

渡辺万次郎他10名（1955）：20万分の1福島県地質図，福島県

553.981：551.78（521.16）：550.831

福島県勿来地区重力探査報告

須田芳朗*　細野武男*

Gravity Survey in the Nakoso District, Fukushima Prefecture

By
Yoshirō Suda & Takeo Hosono

Abstract

Gravity survey was carried out in the Nakoso district of Jōban coal field for the purpose of the exploitation of natural gas.

It is presumed that there are some faults like structures and upheaval structures of the basement or of lower Tertiary strata under the area of the positive anomalies shown in Fig. 3.

Upheaval structures of the basement in this area have very important significance for the exploitation of natural gas.

要　旨

昭和39年2月20日から3月8日までの間，福島県勿来市周辺において重力探査を実施した。この結果，江栗付近に高重力域が認められ，それに接するその南西部は低重力域となっている。また窪田，大高付近は広範囲の高重力域となっており，その北西から南東の方向に続いている。

これらの高重力域は地震探査および地質調査などの結果から推察すると基盤または第三系下部の隆起構造を反映しているものと推定された。また江栗の南西部には断層状構造が推定された。

1. 緒　言

本調査は昭和39年2月20日から3月8日までの18日間，福島県勿来市周辺において実施された。

重力測定は須田芳朗・細野武男・堀川義夫が従事し，水準測量は測量課宮沢芳紀・志田測量事務所志田達也が担当した。

本調査の実施にあたり，種々協力と便宜を与えられた福島県企画開発部・勿来市役所・大日本炭礦株式会社・常磐天然ガス株式会社・勿来ガス開発株式会社の各位に対し厚く感謝の意を表する。

2. 位置および交通

本調査地は福島・茨城の県境周辺に位置し，北は植田から南は平潟，西は小川から東は太平洋岸までの面積約40km² の範囲である。

調査地の海岸寄りには国鉄常磐線とほぼ平行に国道6号線が通っている。調査地内の道路網の発達状態は概して良好である。

3. 地形および地質

本調査地の地質については常磐炭田地質図および説明書[1]に詳しいのでここにはその概略の記述にとどめたい。

本調査地は比較的平坦な丘陵地および冲積平地からなり，西部の丘陵地の一部に変成岩類からなる基盤岩の露出がみられ，東方に進むにしたがって第三系の白水・湯長谷・白土および多賀層群が順次露出している。

本地域には基盤の潜丘が発達しており，また大小多数の断層が確認または推定されている。

4. 調査目的

本調査の目的は常磐炭田勿来地区における重力分布を明らかにし，地下構造の概要を推定して，炭田ガス鉱床に対する今後の探鉱の資料とする目的で行なわれたものである。

5. 既往の物理探査

本地域で行なわれた物理探査は次のとおりである。

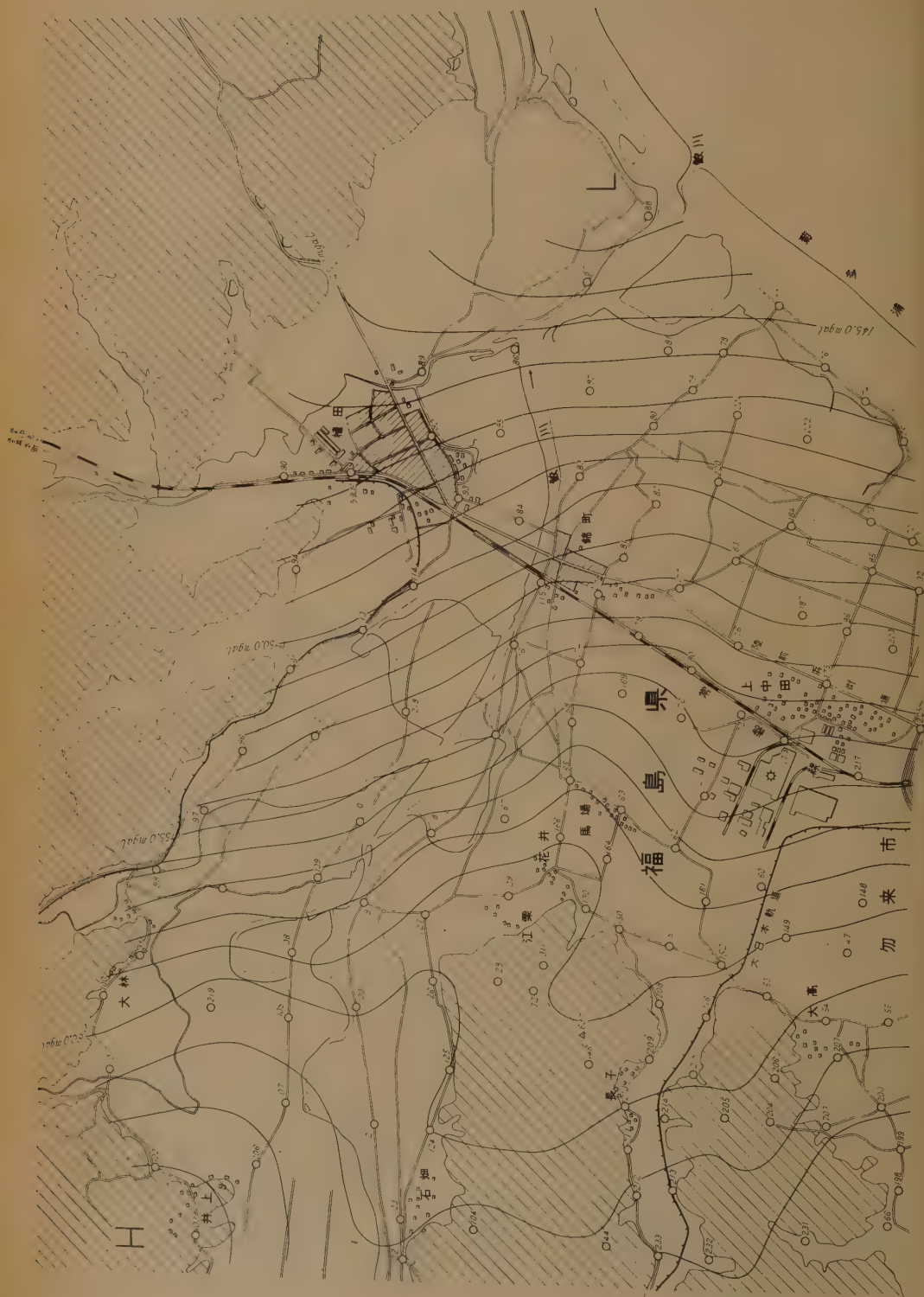
重力探査（概査）：昭和35年　松田武雄他

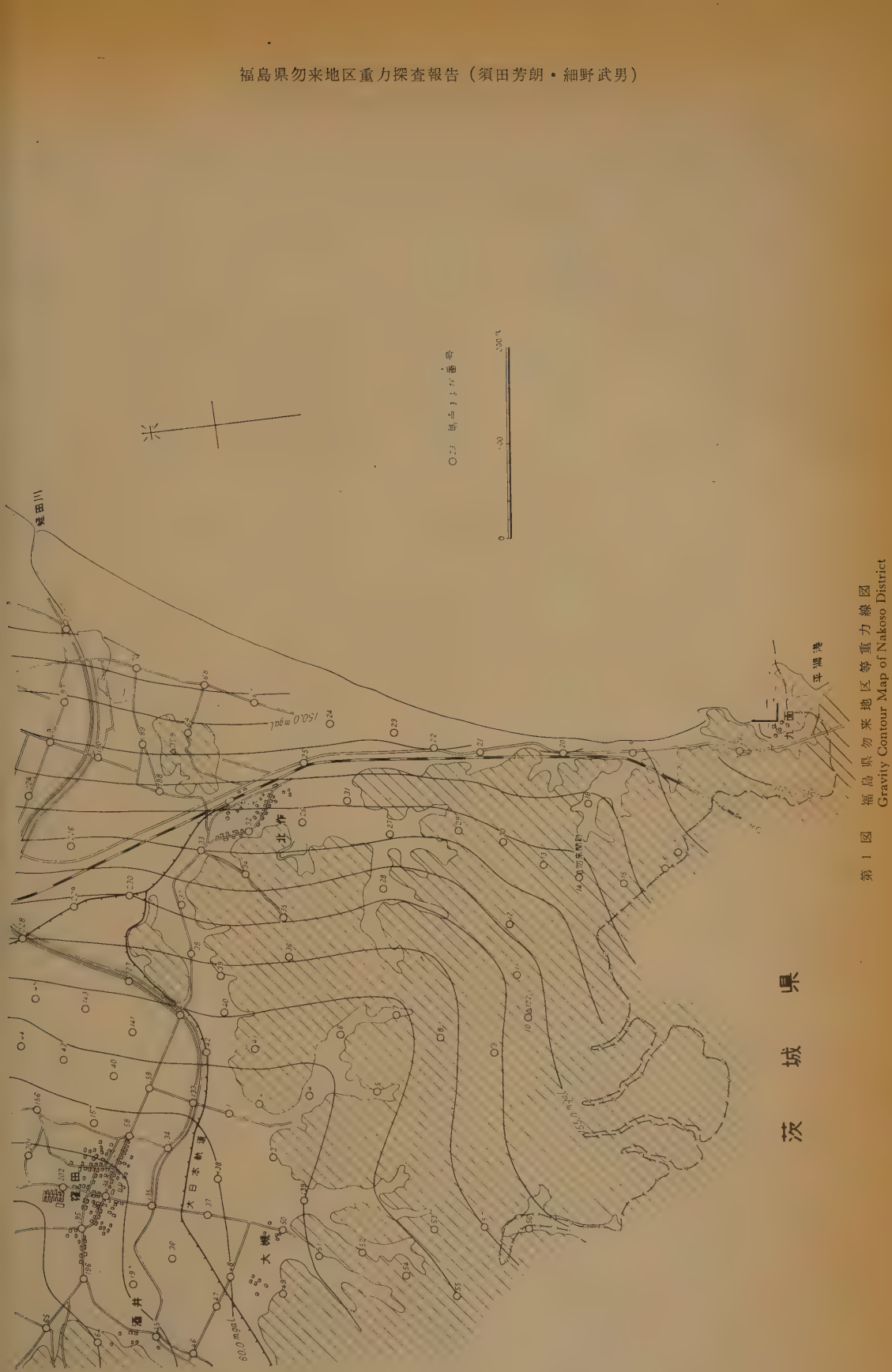
地震探査：昭和35年　市川金徳他

6. 調査方法および補正方法

本調査にはノースアメリカン重力計 AGI-108 を使用し，重力の比較測定を行なった。

* 物理探査部


福島県
上中田
大林
井上
石郷
尾崎
江栗
花井
大谷
大谷地
大谷木新道
145.0 mgal
55.0 mgal



第１図　福島県勿来地区等重力線図
Gravity Contour Map of Nakoso District

第 1 表　福島県勿来地区重力測定結果表

測点番号	高度 (m)	測定値 (mgal)	高度補正値 (mgal)	緯度補正値 (mgal)	地形補正値 (mgal)	全補正済値 (mgal)
1	8.7	48.97	1.96	24.65	0.53	159.49
2	9.62	48.29	2.16	24.78	0.65	159.26
3	11.86	48.07	2.67	24.83	0.66	159.61
4	13.99	46.95	3.15	24.99	0.85	159.32
5	26.41	43.08	5.94	25.27	0.85	158.52
6	19.95	44.71	4.49	25.12	0.88	158.58
7	31.47	41.43	7.08	25.35	0.85	158.09
8	41.42	38.39	9.32	25.53	0.83	157.45
9	59.80	32.59	13.45	25.75	0.88	156.05
10	94.44	24.07	21.24	25.89	0.94	155.52
11	105.21	21.88	23.66	25.86	0.96	155.74
12	78.72	26.97	17.70	25.83	0.72	154.60
13	71.13	27.17	16.00	25.97	0.65	153.17
14	69.98	27.43	15.74	26.12	0.80	153.25
15	80.17	23.79	18.03	26.30	0.89	152.39
16	78.59	23.15	17.67	26.47	0.81	151.48
17	64.94	25.70	14.61	27.02	0.60	151.31
18	13.95	38.76	3.14	26.17	0.75	152.20
19	9.95	38.72	2.24	26.34	0.43	151.11
20	7.74	39.38	1.74	26.06	0.47	151.03
21	6.31	40.14	1.42	25.71	0.50	151.15
22	2.76	41.09	0.62	25.51	0.43	151.03
23	3.67	40.75	0.83	25.35	0.35	150.66
24	3.27	40.84	0.74	25.09	0.32	150.37
25	5.20	41.66	1.17	24.99	0.34	151.54
26	6.51	42.95	1.46	24.98	0.40	153.17
27	7.75	42.94	1.74	25.33	0.53	153.92
28	10.94	43.96	2.46	25.31	0.68	155.79
29	34.78	36.05	8.05	25.62	0.57	153.67
30	62.21	29.18	14.22	25.81	0.70	153.29
31	5.25	42.74	1.18	25.16	0.44	152.90
32	8.75	43.06	1.97	24.76	0.39	153.56
33	7.42	43.99	1.67	24.56	0.39	153.99
34	12.83	43.22	2.89	24.73	0.41	154.63
35	18.29	43.03	4.11	24.88	0.52	155.92
36	27.30	41.89	6.14	24.90	0.61	156.92
37	11.15	44.85	2.51	24.47	0.44	155.65
38	12.25	45.74	2.76	24.51	0.47	156.86
39	15.52	45.10	3.49	24.63	0.56	157.16
40	17.89	45.41	4.02	24.65	0.48	157.94
41	21.02	45.04	4.73	24.78	0.81	158.74
42	8.52	48.28	1.92	24.57	0.58	158.73
43	8.59	47.84	1.93	24.47	0.59	158.16
44	20.43	50.77	4.59	22.64	0.94	162.32
45	12.69	49.85	2.85	24.35	0.64	161.07
46	13.19	49.14	2.97	24.51	0.65	160.65
47	12.21	48.91	2.75	24.60	0.58	160.22

第1表－2

測点番号	高度 (m)	測定値 (mgal)	高度補正値 (mgal)	緯度補正値 (mgal)	地形補正値 (mgal)	全補正済値 (mgal)
48	13.05	48.49	2.93	24.67	0.57	160.04
49	22.96	45.37	5.16	24.86	0.64	159.41
50	14.84	47.19	3.34	24.87	0.58	159.36
51	21.31	45.13	4.79	25.02	0.62	158.94
52	30.24	42.59	6.80	25.20	0.63	158.60
53	39.70	39.23	8.93	25.49	0.74	157.77
54	49.36	37.74	11.10	25.38	0.79	158.39
55	62.14	34.23	13.98	25.59	0.77	157.95
56	36.02	38.30	8.10	25.89	0.63	156.30
57	44.42	37.07	9.99	25.70	0.89	157.03
58	13.52	48.57	3.04	24.70	0.67	160.36
59	17.05	47.54	3.83	24.80	0.77	160.32
60	23.82	46.91	5.36	24.54	0.62	160.81
61	38.41	44.77	8.64	24.32	0.62	161.73
62	39.22	45.28	8.82	24.11	0.62	162.21
63	33.42	46.72	7.52	24.01	0.61	162.24
64	31.03	46.89	6.98	24.12	0.58	161.95
65	26.94	48.34	6.06	23.91	0.58	162.27
66	25.41	48.98	5.71	23.68	0.67	162.42
67	2.23	40.36	0.50	24.79	0.30	149.33
68	2.14	40.19	0.48	24.58	0.31	148.94
69	7.89	39.87	1.77	24.51	0.63	150.16
70	1.78	40.19	0.40	24.30	0.30	148.57
71	3.06	39.52	0.69	24.02	0.33	147.94
72	2.37	41.68	0.53	23.76	0.33	149.68
73	2.33	41.58	0.52	23.61	0.33	149.42
74	1.60	39.06	0.36	23.58	0.30	146.68
75	1.61	39.36	0.36	23.72	0.30	147.12
76	1.39	38.59	0.31	23.42	0.30	146.00
77	2.66	37.09	0.60	23.26	0.29	144.62
78	1.13	39.00	0.25	23.05	0.32	146.00
79	1.91	39.56	0.43	22.94	0.33	146.64
80	2.41	40.53	0.54	22.79	0.36	147.60
81	4.74	37.99	1.07	22.85	0.51	145.80
82	2.49	39.71	0.56	22.56	0.37	146.58
83	5.41	41.81	1.22	22.51	0.54	149.46
84	2.33	42.88	0.52	22.28	0.42	149.48
85	2.67	40.55	0.60	22.21	0.42	147.16
86	2.50	38.99	0.56	22.26	0.40	145.59
87	4.50	36.20	1.01	22.55	0.38	143.52
88	4.68	35.13	1.05	22.77	0.41	142.74
89	4.86	38.56	1.09	21.92	0.52	145.47
90	4.89	40.24	1.10	21.39	0.48	146.59
91	6.89	39.63	1.55	21.66	0.45	146.67
92	2.23	40.37	0.50	21.96	0.44	146.65
93	2.82	42.16	0.63	22.06	0.44	148.67
94	4.51	41.79	1.01	21.43	0.55	148.16

第 1 表－3

測点番号	高度 (m)	測定値 (mgal)	高度補正値 (mgal)	緯度補正値 (mgal)	地形補正値 (mgal)	全補正済値 (mgal)
95	5.66	44.02	1.27	21.42	0.56	150.65
96	5.25	46.09	1.18	21.26	0.60	152.51
97	7.56	47.38	1.70	21.10	0.63	154.19
98	8.56	49.00	1.93	20.92	0.88	156.11
99	8.19	51.81	1.84	20.86	0.84	158.73
100	9.52	52.13	2.14	20.72	0.89	159.26
101	9.88	53.67	2.22	20.75	0.77	160.79
102	10.38	55.53	2.33	20.92	0.86	163.02
103	18.31	54.10	4.12	21.09	0.77	163.46
104	20.16	50.40	4.53	22.13	0.96	161.40
105	8.97	52.84	2.02	21.43	0.70	160.37
106	9.63	54.68	2.17	21.31	0.78	162.32
107	9.61	53.73	2.16	21.42	0.75	161.44
108	8.52	51.44	1.92	21.43	0.67	158.84
109	7.86	49.78	1.77	21.54	0.70	157.17
110	6.44	48.72	1.45	21.70	0.61	155.86
111	4.69	50.89	1.05	21.17	0.62	157.11
112	3.88	46.81	0.87	21.52	0.56	153.14
113	5.72	43.45	1.29	21.71	0.51	150.34
114	4.00	43.29	0.90	21.91	0.47	149.95
115	5.54	44.21	1.25	22.38	0.56	151.78
116	4.94	45.97	1.11	22.28	0.49	153.23
117	6.26	47.44	1.41	22.22	0.55	155.00
118	6.80	50.25	1.53	21.99	0.56	157.71
119	8.44	50.51	1.90	21.71	0.63	158.13
120	8.63	52.08	1.94	21.68	0.73	159.81
121	10.08	52.35	2.27	21.76	0.73	160.49
122	8.11	53.16	1.82	21.86	0.83	161.05
123	8.22	52.87	1.85	21.86	0.75	160.71
124	8.53	52.00	1.92	21.97	0.75	160.02
125	5.87	52.30	1.32	22.04	0.91	159.95
126	5.33	52.78	1.20	21.99	0.70	160.05
127	5.33	52.06	1.20	21.94	0.57	159.15
128	21.30	48.42	4.79	22.24	0.76	159.59
129	5.41	51.95	1.22	22.27	0.56	159.38
130	7.23	51.00	1.63	22.57	0.54	159.12
131	12.66	49.83	2.97	22.41	0.72	159.31
132	23.88	47.22	5.37	22.38	0.80	159.15
133	8.65	49.38	1.95	24.52	0.53	159.76
134	9.75	50.00	2.19	24.41	0.54	160.52
135	10.58	50.11	2.38	24.34	0.58	160.79
136	9.97	49.98	2.24	24.42	0.54	160.56
137	10.35	49.46	2.33	24.58	0.52	160.27
138	9.32	49.36	2.10	24.62	0.51	159.97
139	14.04	46.79	3.16	24.97	0.61	158.91
140	6.38	49.90	1.43	24.20	0.49	159.40
141	5.30	49.32	1.19	24.27	0.46	158.62

第1表—4

測点番号	高度 (m)	測定値 (mgal)	高度補正値 (mgal)	緯度補正値 (mgal)	地形補正値 (mgal)	全補正済値 (mgal)
142	7.51	49.75	1.69	23.99	0.48	159.29
143	5.96	49.18	1.34	24.09	0.45	158.44
144	5.69	50.53	1.28	23.82	0.47	159.48
145	4.68	49.84	1.05	23.88	0.45	158.60
146	24.62	47.05	5.54	22.57	0.94	159.48
147	5.71	50.75	1.28	23.53	0.50	159.44
148	5.02	50.03	1.13	23.59	0.47	158.60
149	6.05	50.41	1.36	23.31	0.49	158.95
150	7.71	50.22	1.76	22.68	0.57	158.58
151	8.32	50.00	1.87	22.87	0.58	158.70
152	7.41	50.29	1.67	23.05	0.54	158.93
153	8.83	50.31	1.99	23.24	0.60	159.52
154	8.85	51.08	1.99	23.46	0.54	160.45
155	8.58	51.11	1.93	23.69	0.50	160.61
156	8.82	50.65	1.98	23.88	0.49	160.38
157	7.91	50.65	1.78	24.11	0.49	160.41
158	9.13	50.36	2.05	24.25	0.48	160.52
159	7.48	49.54	1.68	24.33	0.48	159.41
160	6.81	49.23	1.53	23.21	0.50	157.85
161	6.25	49.46	1.41	23.01	0.50	157.76
162	5.94	49.12	1.34	22.89	0.47	157.20
163	5.51	49.93	1.24	22.69	0.47	157.71
164	6.09	50.82	1.37	22.64	0.49	158.70
165	5.20	50.17	1.17	22.49	0.48	157.69
166	5.79	51.24	1.30	22.47	0.50	158.89
167	5.30	50.32	1.19	22.23	0.50	157.62
168	4.28	49.11	0.96	22.50	0.46	156.41
169	3.80	48.19	0.85	22.68	0.43	155.53
170	3.64	47.61	0.82	22.91	0.42	155.14
171	5.44	47.58	1.22	23.00	0.45	155.63
172	6.21	46.05	1.40	23.14	0.41	154.38
173	5.97	46.60	1.34	23.30	0.41	155.03
174	3.45	47.41	0.78	22.53	0.43	154.53
175	3.73	45.38	0.84	23.45	0.40	153.45
176	3.66	45.16	0.82	23.12	0.40	152.88
177	3.18	44.82	0.72	22.89	0.39	152.20
178	3.10	45.23	0.70	22.60	0.41	152.32
179	3.55	46.19	0.80	22.75	0.42	153.54
180	3.40	46.67	0.76	22.95	0.42	154.18
181	2.58	44.14	0.58	22.68	0.39	151.17
182	2.42	43.36	0.54	22.80	0.38	150.46
183	2.61	43.68	0.59	23.11	0.38	151.14
184	1.96	42.25	0.44	23.31	0.37	149.75
185	2.50	42.73	0.56	23.62	0.35	150.64
186	2.62	44.34	0.59	23.52	0.37	152.20
187	2.12	44.06	0.48	23.36	0.37	151.65
188	3.43	43.29	0.77	24.39	0.38	152.21

表 1 第一5

測点番号	高度 (m)	測定値 (mgal)	高度補正値 (mgal)	緯度補正値 (mgal)	地形補正値 (mgal)	全補正済値 (mgal)
189	2.35	41.91	0.53	24.33	0.56	150.71
190	2.84	42.82	0.64	24.14	0.35	151.33
191	2.27	42.87	0.51	23.95	0.34	151.05
192	2.37	42.93	0.53	23.78	0.35	150.97
193	2.04	41.89	0.46	24.02	0.32	150.07
194	12.66	50.28	2.85	24.15	0.51	161.17
195	14.90	50.18	3.35	24.06	0.53	161.50
196	20.63	49.02	4.64	24.07	0.54	161.65
197	10.22	50.41	2.30	24.26	0.58	160.93
198	21.53	49.89	4.84	23.71	0.57	162.39
199	18.40	50.55	4.14	23.73	0.55	162.35
200	18.69	50.15	4.20	23.66	0.55	161.94
201	11.20	50.96	2.52	23.84	0.56	161.26
202	15.71	50.24	3.53	23.99	0.51	161.65
203	26.50	48.48	5.96	23.46	0.59	161.87
204	48.88	42.36	10.99	23.25	0.63	160.61
205	39.88	44.20	8.97	23.09	0.97	160.61
206	42.98	43.45	9.67	23.27	0.59	160.36
207	15.25	50.14	3.43	23.50	0.54	160.99
208	9.81	49.98	2.21	22.83	0.76	159.16
209	10.90	50.13	2.45	22.79	0.71	159.46
210	11.44	50.59	2.57	22.70	0.72	159.96
211	11.71	50.92	2.63	22.72	0.78	160.43
212	12.59	51.56	2.83	22.76	0.70	161.23
213	12.75	51.40	2.87	22.89	0.73	161.27
214	11.40	50.74	2.56	22.85	0.68	160.21
215	10.44	50.50	2.35	22.96	0.67	159.86
216	8.93	50.41	2.01	23.02	0.59	159.41
217	5.84	47.01	1.31	23.57	0.41	155.68
218	5.75	46.21	1.29	21.87	0.62	153.37
219	6.80	53.72	1.53	21.13	0.70	160.46
220	1.58	42.22	0.36	23.04	0.36	149.36
221	1.37	40.40	0.31	23.11	0.33	147.53
222	1.23	40.50	0.28	23.37	0.32	147.85
223	2.23	44.51	0.50	23.69	0.37	152.45
224	2.76	44.35	0.62	23.87	0.37	152.59
225	5.71	45.57	1.28	23.79	0.38	154.40
226	3.26	45.78	0.73	24.03	0.38	154.30
227	7.13	48.02	1.60	24.25	0.47	157.72
228	5.97	48.01	1.34	23.82	0 47	157.02
229	4.56	47.42	1.03	24.03	0.45	156.31
230	5.01	46.81	1.13	24.26	0.42	156.00

測定値に対する各種の補正方法は従来と同一方法で行なったのでここには省略する。

7. 調査結果および考察

本調査は石畑，酒井付近を結ぶ東側の地域の精査を主として行ない，その等重力線図を第1図に，測定結果を第1表に示した。このほか精査地域の重力異常と西部の古期岩類が浅く分布する地域との関連を調べるために石畑—酒井以西においては概査的な測定を行なった。すなわち，石畑—酒井以西においては測点間隔，基点間の閉塞時間および閉塞差の許容範囲などについては精査地域のものより大きくとってある。第2図には概査地域および精査地域における等重力線図を 2 mgal 間隔であらわしたものを示した。

第2図の重力分布から明らかなように西部の基盤の露出地または地下に浅く基盤が賦存する地域で重力値が大きく東部に向かって小さくなっている。重力傾度はほぼ 158 mgal を結ぶ付近を境にしてその東側は西側に比較して強い傾度を示している。等重力線の走向は巨視的にみて第2図東半部ではN—S性（南部の丘陵付近ではE—Wとなっている）であるが西半部では局地的に激しい変化をしている箇所がみられる。重力異常は第1図にみ

第 2 図　福島県勿来地区等重力線図
Gravity Contour Map of Nakoso District

植田
錦町
鮫川
上中田
福島県
大林
井上
石畑
江栗
花井
馬場
大高
勿来市
大日本軌道

第 3 図　福島県勿来地区余剰重力図
Residual Gravity Map

れるとおり巨視的にみて北から南に順次高重力域，低重力域が存在しているのが認められる。これらの重力異常を第2図でみると北西部の井上付近から南東方向に連なるものおよび根小屋付近から南東方向に連なるものが認められる。

このほか第2図西部の井戸沢断層の通る根小屋—白米付近では等重力線が乱れている。

第2図北西部の井上付近から南東方向に延びる高重力異常は第1図にみられるように江栗付近に達し，この付近で向きを変え，さらに東方に延びている。この異常は基盤または第三系下部の隆起構造を反映しているものと推定される。第3図の平均移動法[2]で求めた余剰重力図（S＝250m，正規構造）ではこの隆起構造と推定される地域で正異常を示しており，花井，馬場付近でもっとも著しい。この南側では負異常域となっている。これらの正，負異常の差の著しい境界付近では断層状の構造が推定される。

上記の隆起構造および断層状構造の推定される地域付近ですでに行なわれている試錐および地質調査などの結果からも同様の構造が確認または推定されている。

第1図にみられる窪田および大高付近の広大な高重力域は第2図でみると調査地域北西部の古期岩類が浅く分布する地域から南東方向に続いていることが認められ，さらに窪田の南東方向および大高の東方向に延びている。

第3図の余剰重力図をみると，これらの高重力域では正異常域となっており，とくに窪田付近およびその南東部は顕著である。

本調査地域の中部以南の一部で地震探査がすでに実施されており，また試錐などもかなり行なわれているので，これらの資料から重力異常を総合して推察すると上記高重力域は基盤または第三系下部の隆起構造を反映しているものと考えられる。したがって，窪田付近から南東部の丘陵地下および大高付近から東の沖積平地下には背斜状構造が続くものと推定される。

本調査地域において開発されている炭田ガス井の大部分は潜丘上にあり，またその周辺の断層構造が重要な役割りを果しており，ガス鉱床と密接な関係にあるので，上述した基盤の隆起構造および断層構造の推定される周辺はガス鉱床開発上もっとも重要な地域と考えられる。

結　論

本調査の結果，調査目的とした重力分布と地下構造の概要を明らかにすることができた。

すなわち，江栗付近にはその北西方から続くとみられる基盤または第三系下部の隆起構造が推定され，江栗東方の沖積層下に続くものと推定された。またこの隆起構造の南側には断層状の構造が推定された。

窪田および大高付近は広範囲な隆起構造が推定され，大高付近から東，窪田付近から南東方向に続くものと推定された。

上述の隆起構造の推定された付近においてすでに行なわれた地震探査，試錐および地質調査などの結果からも基盤の隆起構造が確認または推定されており，本調査によってえられた重力分布は地下構造をよく反映しているものと推察された。

今回の調査によって隆起構造と推定された地域はガス鉱床の開発上重要な地域であり，今後のガス鉱床開発の資料とすることが望ましい。

文　献

1） 須貝貫二他（1957）：常磐炭田地質図ならびに説明書，日本炭田図 I

2） 瀬谷　清（1959）：重力探査における新解析法（平均移動法），物理探鉱，vol. 12, no. 2; no. 4

資　料

地質学の将来の展望*

V. V. Belousov

青木　斌訳

地質学は文字どおり地球に関する科学である。しかしながら，歴史的な形成の過程を経るなかで，地質学は地球に関する科学のなかの一部分にすぎなくなった。地球をとりまくガス状および液状のマントルは気象学・海洋学・水理学の手に渡ってしまった。地理部門では地表の発達に関する多くの諸問題を取り扱っている。地表の計測は測地学の分野に属している。このように，地質学の分野にはいわゆる「固体の地球」だけしか残されていない。しかしながら，ここでも地質学者の活動分野は限られている。地質学の土台が築かれた当時，すなわち，18世紀末から19世紀にかけては，地表に露出する岩石や坑道や浅掘りのボーリングによってとりだされた岩石のほか，現世の表層プロセスしか地質学の研究対象となりえなかった。このように，地質学者の活動分野は地殻の表層部と大陸だけにかぎられてきた。

研究対象に応じて，地質学の課題と方法が確立された。地殻上部の組成の研究が第一の課題となったのはいうまでもない。その結果として，地表付近の化学元素の分布や，鉱物や岩石中での出現・結合形態に関する諸概念と造岩鉱物の組成・構造・成因による分類とが生まれてきた。

第二の課題は，地殻の研究，すなわち，地殻内におけるいろんな岩石の分布と産状に関する研究であった。この課題は地域調査によって解決されてきた。この地域調査のもっとも合理的な形態は地質図と地質断面の作製であった。地域調査の基本的な方法として現在も保持されている地質図の作成法ほど最近まで地質学を特徴づけていた対象と可能性とをその古い形のなかにうまく表現しうるものはない。地質学者は地図を作るとき，地表の研究を行ないながら，目にふれる岩石を決定し，その産状や相互関係や相対的な年代を明らかにし，地図に記入してゆく。

長期にわたる地域調査の結果，岩石の分布に幾つかの規則性が発見されてきた。その筆頭におくべきものとして，堆積岩の層理と単層や単層群の拡がりがある。しかしながら，地層の初生的産状はどこでも保存されているわけではなく，地層は変形し，裂かによって切断されていることが多い。しかしながら長い間の観察によって，変形した地層のなかにも法則性，すなわち，幾つかのもっとも典型的な「産出形態」をみいだすことができるようになった。その結果によって構造形態（たとえば褶曲）の小さな断片を個々の露頭のなかで観察することによって，露頭間でのもっとも可能性の高い配列を予測できるのである。

もちろん，場合によって簡単なこともあれば複雑なこともある。簡単な場合には，解釈は完全に，一義的でありうる。しかしながら，複雑な場合には，問題の解決ははるかに困難である。地質調査が標準化された調査方法のセットとなりえないのは，まさしくこのような場合にも起因している。われわれがこのことを強調するのは，一時地質調査を一定の作業規準と指導にしたがって行なうことのできる純「生産的」操作とみなし，調査者の個性にはかかわりないと考える傾向があったためである注1)。鉱物や岩石の地殻中における分布についてこれまでにみいだされた法則性は，有用鉱物の調査や各種の応用地質部門における科学的予測の基礎となってきた。

地殻上層部の組成や構造に関する資料が集積されるにしたがって，科学としての地質学の核

---

* В. В. Белоусов (1963) : О путях развития геологической науки, Советская Геология, Том. 6, No. 1, p. 11～28.

心をなす次の課題を解決するための研究が発展してきた。それは地殻の歴史の研究である。事実，地質過程の歴史を研究することによってはじめて地質過程の発達順序とその組み合わせの規則性と同時に現在の地殻構造の規則性をも解明することができるのである。

すべての歴史的分析の根底をなすものは，事件が一定の順序にしたがって起こるという考えである。地質学は事件の順序と同時性とを原理的に確立しうる比較編年法をあみだした。この方法の基礎をなすものは，岩石や鉱物相互の関係と古生物学的資料である。

ここ 100年間に著しい発展をとげた古生物学的方法によって，相対的編年スケールを作り，そのなかに過去に起こった地質現象をあてはめることができるようになった。しかしながら，この方法には先古生代の岩石に対しては化石は時代決定に限られた意義しかもたないということに伴う本質的な制約をもっている。したがって，この方法は地殻に関してこれまでにわかっている全歴史のわずか15%にもみたない古生代以降の期間にしか適用できない。そのほか，この方法は火成源の岩石には適用できないし，その相対年代は周知のとおり間接的にしか決定できない。

しかしながら，このような制約をもつにもかかわらず，古生物学的方法はこんにちまで地史学の主要な武器として用いられている。

一方，歴史的解析は地殻構造それ自身のなかにきざみこまれている歴史的変遷の諸特徴の研究にも立脚している。たとえば，堆積岩の構造には堆積物が順次累積した痕跡がはっきりと読みとれる。また，火成岩の構造中には，それがはじめは溶融状態にあり，いろんな順序で鉱物が晶出したことを示す徴候がみられる。褶曲にみられる地層の変形や裂かにそう転位などは，はじめ水平であった地層が変形を蒙ったことを示している。

地殻上部の組成や構造にこの種の歴史的変遷の徴候が存在することは明らかであるが，この徴候だけでこれまでに起った変化の内部機構やましてその原因について何かをいいうる場合はごくまれである。

そこでは，地質学者は古生物学的方法と肩をならべうるような意義をもつ方法，すなわち，現在主義（actualism）の方法を用いる。この方法は前世紀の前半末期に人間思想の偉大な達成の結果――地質時代は巨大な時間にわたるもので，この期間を通じて現在地球表面で進行しているのとほとんどかわらないゆっくりした変化の集積によって，地殻とその表面の構成に著しい変化が生ずることができたとする考えが生まれたのに関連して出現した。

現在主義の方法はその基本的・古典的な形としては，地表の諸過程は過去の地質時代においても現在と同じ原因によって起こり同じ結果をもたらすという考えから出発している。したがって，地殻構造のなかにみられる変化の諸特徴をその機構や原因のわかった現在の類似した諸過程と比較することによって，古い過程の機構や原因に関して結論しうるわけである。

現在主義的方法に関しては，この方法は単純化した形では完全に正しいとは考えられないとする至極もっともな見解が一再ならず表明されてきた。地球上の諸条件が変化してきたことは疑いないところである。たとえば，大気組成も変化してきた。すなわち，現在のところ，地史の初期段階では，大気中では炭酸ガスは現在よりもはるかに多く，酸素はずっと少なかったと考えられている。また，先古生代には地熱勾配は現在よりも高く，したがって，火成岩や変成岩の生成にこれが反映しているはずだと考える人も多い。さらに，生物―動植物が生物界の変化に伴って地表過程で果たす役割も著しく変ってきた。このような考えはすべて正しいものであり，同様の地球上で起こった諸条件の全般的変化にしても当然注目する必要がある。しかしながら，ここでは現在主義的方法の創造的・批判的適用の必要性を説いているのであって，決してそれを全面的に否定するものではない。この方法は現在でも古生物学とともに地史学の主導的方法として用いられている。

注1） こういったからといって地質調査の標準化に対する要求を全面的に否定するものではない。調査結果を比較対照できるようにし，また国民経済の要求にそう計画性をもたせるためには，調査者が一定の規則や規準，その他の指導にしたがって，資料のまとめを行なわねばならないのはもちろんである。

しかしながら，現在主義的方法には明白な制約もある。この制約はこれからのべることに大きな原則的意義をもつのでこの問題にとくにふれておく必要がある。もちろん，この方法は現在地表で直接観察されるような過程には適用できる。しかしながら，一旦われわれが地表を離れて地下深部に下りてゆこうとするとたちまちこの方法は役に立たなくなる。明らかに，われわれがたとえば，現在の地殻中に産する古い熔岩流の流れた様子やそれが固結した条件を知ろうとする場合には，現在の地表での観察は非常に有益である。しかしながら，現在主義的方法は熔岩の成因やそれがでてきた深さや上昇した原因については何も語ってはくれない。

現在主義的方法は迸入岩の生成あるいは褶曲の生成のような過程の研究にはあまり役に立たない。というのは，これらの諸過程は地表では観察されないか，あるいは，そこではあまりにゆっくりとしか進行していないからである。この方法がもつ同様な制約を，いくつかの類推を使って克服しようとする試みがなされてきた。たとえば，地殻深所におけるマグマの生成・固結と人工珪酸塩熔融物の熔融・固結との比較が行なわれた。また，地層中での褶曲や断層の生成は工学分野で研究される建築材料の変形との比較によって考察された。このような類推がある種の内成的過程の内部機構に関する一般的概念を構成する一助となったことはまちがいない。しかしながら，その場合地下深所に存在する特殊な条件の真の役割がほとんど考慮されていないためもっとも一般的な概念もまちがっていることが多い。

これとは別にここで強調しなければならないことは，古典地質学の方法は大洋下の地殻については全くかえりみなかったということである。この部分の地殻は簡単に近よりにくいため，まったくふれられなかった。大洋は地球表面の3分の2を覆っているのであるから，古典地質学が言及しうる地殻の深さや面積はごく限られたものであり，それは地球表面のわずか3分の1の部分に関する科学にすぎなかった。

古典期の地質学の状態は上に述べたような次第である。その成果は，大陸に関するぼう大な記載資料や地図資料，鉱物や岩石の組成・構造・成因などによる分類，外成過程と内成過程の比較編年，外成過程の機構と原因の解明などである。古典地質学は有用鉱物を含む岩石や鉱物の分布や生成順序および生成・配列過程の相互関係などの歴史的法則性の総括を行なった。地球表面を地向斜と台地に区分し，それぞれの進化過程の主要な特徴を解明したのもその中心的な成果をなしている。しかしながら，古典地質学は内成的地質過程の機構と原因に関する問題に直面すると，たちまちしっかりした事実と方法論上の基盤を失ない，ごく限られた根拠しかもたない仮説の道にてん落していった。これらの仮説の特徴は，地質過程と地史の粗雑な模式化である。

この時代の主導的な総合仮説は，ラプラスの宇宙成因論に基づく収縮説であった。この成因論は科学界で支配的な力をもっていた当時から，数多くの欠陥をはらんでいた。現在では，この仮説が地球の物理的状態やその発展に関してわかっているあらゆる事実と矛盾することは疑いないところである。

地質学の研究対象はその性格からして，地質学者に観察事実の実験的復元をしようという気を起こさせない。というのは，この過程に参与する材料の量があまりに多いうえ，かって地殻中に存在していた物理条件がよくわからないし，作用する力の原因についても議論の余地が多いからである。このような条件のもとでは，地質学者はその課題の主体は記載にあると考えるようになる。地質学者はその観察事項についてできるだけ秀れた正しい記載をし，記録にとどめようとする。地質過程の歴史については，もちろん上に述べたような地質編年法に基づいて，主として比較類推によって歴史の復元を行なっている。上に述べたような諸条件のために，地質学者の結論は大低の場合定性的な性格をおびてくる。地質学者は地質過程の無尺度的な記載を行なうことが多い。というのは，この過程に参加する範囲の大きさもこれに働く力の大きさもまったくわからないからである。

さらに，このような地質学の定性的アプローチを規定するものとして，非常に多くの基本的諸過程が相互に重なって生ずる複雑な過程を取り扱う場合が多いことがあげられる。これらの基本的な構成要素を区分し，その中から主要なものと局地的条件に関連した偶然的な要素とを

区別するのは非常に難かしいし，場合によってはまったく不可能なことさえある。もしもこれまでに地質学者が実験室や試験場でこれらの過程を復元できていたら，当然地質学者も化学者が実験室で行ない農学者が試験場で行なうと同じように主導的な過程と副次的な過程とを区分できていたであろう。しかしながら，一般にこのような可能性は地質学者にはないので，現象を複雑なままで全体としてとらえざるをえない。しかしながら，この複雑な総体のなかには常に地質過程の主要な性質とは無関係な多少とも偶然的な局地的条件によって（たとえば，同じ過程がすすむ場所ごとの物質の違いによって）生じ付加されるものが存在するため，地質学的な諸概念に強い影響を与える事情――観察される現象の個別性と非反復性とが生まれる。個々別々の火山噴火，個々の褶曲，あるいは（名称の）同じ岩石の個々の露頭ですら，その具体的な現象をそれと類似の現象から区別するなんらかの個別的特徴をそなえている。この個別的な差異が本質的なものでなく，研究対象となっている現象を同一のグループに入れてもさしつかえないことが簡単にわかる場合もある。しかしながら，本質的でない偶然的偏倚とすでに新しい種類の現象との境界をどこにひくべきであろうか？　この疑問に対する明確な解答はいまのところ存在しない。しかしながら，その困難さは地質学の場合には，他の実験科学や精密科学に較べるとはるかに大きい。さらに，この疑問に対する解答は，われわれが現象の分類をしようとする区分の大きさによってもかわるであろう。というのは，ある大きさの区分では本質的な意義をもたない変化が他の大きさの区分の場合には非常に重要なものとなりうるからである。

分類規準を選ぶさいに客観的な標識があるかどうかは非常に疑問である。これについては2つの型の玄武岩――かんらん石玄武岩とソレアイト玄武岩――を区別する根拠があるかどうか，あるいはこの2つのグループは一つの型の変種にすぎないかということに関して長い間岩石学者の間でたたかわされた論争を想起していただければ充分である。このような例は構造地質学の場合にはもっと多く，おそらく，その全域にわたるであろう。まったく同一の2つの地向斜も地溝も褶曲も存在しない。もし，地質学者がそれらの間に共通する特徴をみいだすとすれば，複雑な現象の精密な定量的分析によってではなく，数多くの個々の現象に対する長い間の観察とこれらの現象の観念的比較対照によっているのである。このような比較の結果が研究者によって異なってくるのは至極当然なことであり，ここから，地殻の発展法則に関する見解の相違も必然的に起こってくる。

まさしくこのような理由のために，地質学者の間には一般法則の探求に対する幾分懐疑的な態度がどうしても生じやすい。ある種のグループでは，このような一般法則は存在しないだの，個々の地向斜はそれぞれ独自の発展の経路をたどっているだの，あるいは地質現象のタイプは個々の発現形態の数だけ存在するもので，地殻の異なる地域に発生する現象の間の相互関係については何もいいえないというような主張が「流行」になっているようである。このような主張が間違っていることはいうまでもない。しかしながら，このような主張は前にのべたように，典型的なものと非典型的なものとを納得のゆくように客観的に区別することが困難なために生まれてきたのである。

定性的なアプローチでその観察結果と結論を読者に最大限に理解させようとするため，もしも正確な定量的規定ができるならばまったく余分で不必要と考えられるような表現の形象化や比喩や比較に地質学者は熱中する。次にこれが術語の不正確さをよびおこし，地質学のうち総括を主とする部門では非常に不確定な概念と記載を使用せざるをえなくなるため，これらの部門は全体としてこの欠陥になやまされる結果となる。地質学の分野でももちろんもっとも基本的な現象を表わす確定した用語がいくつかある。しかしながら，比較的複雑な現象が問題になり始めると，たちまちこのような明確さが著しく失なわれ，地質学者ごとに古い用語に新しいニュアンスをもたせたり，新語を考えだしたりする。地質用語を科学の一般部門のなかで整理し位置づけることは，前にのべたように地質現象が複雑なためと，それを基本的な構成部分に区分することが難しいかあるいは不可能なためと，さらに程度の差はあれそこから生ずる地質現象の非反復性などのために著しく困難である。

地質学者は類推を行なうさい自分の論文中に精密科学　-物理学・化学・物理化学などのデータを引用する。しかしながら，そこではいたるところに誤解がみられる。長い間定性的な思考様式にならされてきた地質学者の頭脳は，これらの諸科学の核心をなす定量的な側面を間違って受けとり，数値計算については上面をなでただけで，定性的な意味をもつと思われる結論だけを拾い集める。

そこでは，地質学者は根本的な誤まりをおかしている。精密科学ではすべての結論は定量的な意義をもっている。そこで考察されている現象は正確な尺度と発展速度とこれまた厳密に規定された環境条件との正確な相互関係とをもっている。したがって，個々の結論は特定の厳密に規定された条件のなかでだけ意味をもっているのである。したがって，この結論は他の条件や別の尺度には適用できないものである。

このような定量科学の結論の特性を無視したために，地質学者は幾度となく誤った結論に達した。たとえば，無限に小さな瞬間変形を問題にし，流動や時間の役割りについては考慮しない弾性理論に基づいて造構変形を理解しようとした試みなどがその例である。また，地球の規模では熔鉱炉の場合とまったく異なるプロセスで固結が進むであろうということが考慮されなかった当時，地球の固結と熔鉱炉中での珪酸塩鉄鉱の結晶作用との間に類似性をみいだそうとしたのもこの例である。おそらく，最近におけるこの種の誤解のもっとも顕著なあらわれとして「天文地質学的」方向をあげることができよう。これは内成的地質過程の原因を宇宙的なものに求めようとしている。そこで普通にみられる誤りは，定性的にある必要な方向に働く現象を見つけると，天文地質学者はその量的な側面にしかるべき注意を払えばその効果はほとんどとるにたらないものだということがわかるような現象のせいにすることである。

もちろん地質現象を説明するために，他の科学とくに基礎科学のデータを利用する努力を全面的に歓迎すべきである。しかしながら，いままでの失敗例から地質学者にはまだこれらのデータを使いこなすだけの準備が不充分なことが多いということがわかる。もちろん，これは地質学者が自分に必要な科学部門の研究をおろそかにしているためではなく，あらゆる研究作業の様式やその専門分野における思惟構造全体の様式が異なるため，これが心理的混乱をひき起こすことに起因する。精密科学の分野の代表的人物が自分の方法論で地質現象の説明を試みる例にぶつかることがしばしばある。彼らの作った模式から地質学者は到底実際の地質現象を読みとれないような自然現象の荒っぽい模式化によってこれをやってのけている。数学者には自然現象の複雑さとその内的な不可分性は理解しにくいものである。したがって，このような現象をどうしても区分しようとすると，ある種の本質的なものが失なわれ，現象全体の性質がゆがめられてしまうということを数学者は考えないのである。

20世紀の特徴は物質に関する基礎科学――物理学・化学とその数学的解析の巨大な進歩である。このような事情は当然新しい成果をとり入れる自然科学の進歩にも反映し，その方法論的な可能性が拡大し，研究対象に関する諸概念はより完全で正確なものになった。物理学や化学の方法と資料が自然科学に浸透したことによって，生化学・生物物理学・農芸化学などのような境界領域が急速に発達した。新しい方法論的可能性を与えられたこれらの境界領域で非常な成果がえられたのも当然である。これらの境界分野は古い対象のなかにまったく新しい側面と性質をみつけだし，古い固定概念を打ち破って自然科学の古典的な考えの再検討を迫った。

同様なプロセスは地球に関する科学でも始まった。物理学や化学の進歩によって地球を構成する物質の物理的・化学的研究方法，すなわち，地球物理学や地球化学の方法に著しい進歩がもたらされた。ここではこのプロセスの2つの側面を区別する必要がある。そのうちの一つは，以前でも地質学者に理解され研究されていた対象の研究をよりよく行なうためのより完全な物理学的・化学的方法を応用することである。これに属するものとして，以前より完成された化学分析法や鉱物・岩石標本の物性の決定法や普通の地質学的方法で到達しうる範囲の地殻を構成する岩石の性質をその場で（試掘井内あるいはその他で）調べるいろいろな物理的・化学的方法などがあげられる。上にあげた場合はすべて，いわば地質学の内部にとり入れられて

いる地球物理学的・地球化学的方法に関するものである。検層法はコアを上げずに坑井断面を調べる可能性を与える。もちろん，これは作業のテンポを著しく高めそれを容易にするが，岩石標本を坑井の外に取りだすことによってもこの断面を調べることは原理的には可能である。また，地球物理学的方法によってボーリングなしに地下数 km の地殻構造を知ることができるようになったとき，もちろんその作業は著しく軽減された。しかしながら，ここでも経費と時間さえ考慮に入れなければ一群のボーリングによって同じデータをうることは原理的には可能である。

上にのべた場合はすべて新しい分野の発生とはいえない。これはすべて地質学の方法論的可能性をその「古典的」範囲内で拡大するものといえる。したがって，われわれが地球物理学的方法とか地球化学的方法とかいう場合には，この言葉の意味するものは地質学による地球物理学的手法や地球化学的手法の利用にすぎない。

しかしながら，地球に関する科学の進歩はこれだけにとどまらなかった。これまでにもみてきたように，過去の地質学はその「古典的な」方法では地下数 km 以上には言及しえないというような歴史的形成過程を経てきた。おそらく，地質学もはじめからもっと地下深所の広範な物質全体をその研究領域と考えていたであろうが，まったく信用のおけない根拠にのっとってだされたいくつかのあいまいな仮説を別にすると事実上この問題にはとりくんでこなかったといえよう。ところが，まさにこの領域に物理学と化学とがそれぞれの方法でもってちん入してきたのである。これらの科学の方法のたすけをかりて，本来の地質学的方法ではとても到達しえない領域にあった地球の構成物質の物理学的・物理化学的性質に関する考えを組み立てることができるということがわかってきた。このような場合はすでに，地質学が以前にあれこれととりくんできた対象の研究に関する方法論的可能性の改善というものではなく，まったく新しい対象――それまで地質学がとりくみえなかった地球深部の研究といえる。

別の場合の成果は，空間的な意味ではなく，「古典的な」地質学的方法ではまったく近よりえなかった地質学的対象や現象のまったく新しい性質の発見や研究という意味での新分野の開拓である。この範ちゆうに属するものとして，たとえば，鉱物にふくまれる放射性元素の崩壊速度の一定性に基づく絶対年代の測定，構造変形のメカニズムを明らかにするため実験をふくむ物理学的方法を用いる造構物理学，地下深部の火成・変成過程の条件の復元をめざす珪酸塩に関する実験的物理学化学，岩石中の残留磁気による地球の古い磁場を研究する古地磁気学，化石中に含まれるある種のアイソトープの量比からたとえば過去の時代の温度条件を明らかにするアイソトープ古地理学などをあげることができる。

明らかに，空間的にも地質学的対象の新しい性質の意味においても研究分野の原理的拡大に当面する場合にはすべて地球に関する新しい科学の発生に言及せざるをえない。このような科学として地球物理学と地球化学の 2 つが発生した。いずれにせよ，現在地球深部を取扱うすべての種類の新しい科学分野をこの地球物理学と地球化学にまとめることができよう。

このようにして，はじめ地球に関する唯一の科学として自任していた地質学に代って，地質学・地球物理学・地球化学の 3 つの科学が現われることになった。あとの 2 つは地質学プラス物理学，あるいは，地質学プラス化学とみなすべきものではなく，独立の科学，すなわち，地球に関する物理学と化学と理解すべきである。前者は地球のいろんな物理場を利用しながら，地球を構成する物質の物性とその内部で生起するいくつかの物理過程（力学的過程全般と地震過程のほか，とくに電磁過程と地熱過程）とを研究し，後者は主として化学・物理化学・固体理論のデータと法則に基づいて，地球の構成物質の化学性を明らかにする。

もちろん，ささいな地質学的な問題を考慮した場合，地球に関するこれら 2 つの新しい科学が関係する分野と，設定する課題は地質学者の日常的な関心や直接的な実践的努力の範囲外にあることがあるため，これらの諸科学はいつでも狭義の地質学と交差するとはかぎらない。しかしながら，もっと広い観点から地質学の今後の発展経路を予見した場合，地球に関する科学が 3 つの独立した部門に分離することは異常でありその発展を促がすものとは考えられな

い。事実，地球は全体として一つのものであり，その中の一部分が全体の中で占める位置を知らずしてその部分の発展過程を理解することは不可能である。地殻を構成する「地質層」は，この層よりも深いところ――「地球物理学的深度」で進行するものに基本的に依存している。したがって，地質学はこれまでに内成過程のメカニズムや原因を説明するに当って克服できない難関にぶちあたった。これはこのような問題に対する解答が地質学的方法の手のとどかない深さにかくされているためである。したがって，従来の地質学は深部過程の外的発現に関する科学にとどまり，これらの過程そのものの科学とはなりえなかった。後者を研究するには，地質学は他の地球に関する諸科学と統一されねばならない。

ここで強調しなければならないことは，内成過程――マグマの生成と移動，造構運動，変成作用などの成因と原動力に関する問題の解明が地質学史のうえでこんにちほど必要なときはないということである。いうまでもなく，問題は理論的に非常に大きな意義をもっている。われわれは地球上に住んでいる。人間が宇宙空間のどんなに遠くまで飛び立とうとも，地球はやはりいつまでも人間の住み家なのである。にもかかわらず，現在すでに宇宙空間と天体についてはいくつかの点ではその住み家自体よりもよくわかっている。地球の深部で何が起こっているかを知ることはイデオロギーのうえでも大きな意義をもっている。現在この問題が“実践的にも”大きな意義をもっていることはますます明らかになっている。地表の鉱床を半偶然的に発見していた時代は終りをつげようとしている。鉱物原料の新しい鉱体を探鉱するに当って，応用地質学は，地下深部にはいり，ときには地下数 km のところにかくされている鉱床を探しだすことをしいられている。さらに，有用鉱物の種類も異なってきた。すなわち，石油・石炭のほか非常に分布の広い金属などのように地殻内に局部的ではあるが著しい濃度を示す古典型な有用鉱物のほかに，現代工業は著しく分散的な状態で存在する種々の稀有元素をも利用するようになっている。このような事情から有用鉱物の分布に関する予知理論を発達させることが急務になっている。

有用鉱物の大部分は直接あるいは間接にしろその生成あるいは濃集過程で内成過程に依存しているので，実際の予知理論を完成させるにはこれらの過程の発展の原因と規則性に関する知識に立脚する必要がある。

これは未知の深部過程とそれが進行する環境に関する知識を与えてくれる**地球物理学と地球化学を地質学と統一させる**ことによって達成することができる。もちろん，これらの知識が現在でもすでに広範で正確なものになっているとはいえない。なぜならば，地球物理学と地球化学はともに若い科学であって，その成果は上にのべた基本的問題を解決するには不十分だからである。しかしながら，その専門的文献に注意している人は誰でもこれらの科学が驚くべき速さで進歩していることに気づくであろう。文字通り毎月新しい事実がみいだされている。あらゆる瞬間に，これらの新しい分野においてはこれまで地球内部の動きをおおいかくしていたとばりを一挙に開くような予期しない大きな発見がなされる可能性がある。

しかしながら，われわれは地球に関する他の諸科学の成果を「取逃さない」ためにそれらと地質学との統一を求めるのではない。むしろわれわれはこのような統一なくしては内成的地質過程に関する問題の解明に大きな成果をあげることは到底望みえないと信じている。

地質学がその方法で解決しうる深さを踏み越えようとするときに，誤りをおかしたり，それをあきらめたりすると，地球物理学と地球化学は地質学と別個にこの種の問題を解決しえなかった例が少なからずみられる。「純粋の」地球物理学者は地球化学者たちがこれまでにも何回となく深部過程を総括する理論をたずさえて登場した。そして，次から次にこれらの理論ははっきりと観察される地質学的事実にそぐわないとして地質学者の断固たる反ばくを蒙った。一般にこのような理論では地質現象が極端に許し難いほど単純化されているため，その中に複雑な地質過程を「あてはめる」ことが不可能であった。地球物理学的理論も地球化学的理論も「古典的」地質学が蓄積してきたデータをすべて考慮に入れる必要がある。これは地球に関するいろんな科学の代表者達の共同作業によってはじめて可能である。それとともにこのような

共同作業は地球物理学や地球化学の研究そのものにも明確な目的をもたせるにちがいない。地球物理学や地球化学の最終目標は地殻中で起こっているでき事の説明のはずである。なぜならば，地球物理学や地球化学の研究結果は地殻中で生起する事件を通じてのみ直接われわれが観察したり，人間生活に益立てることのできる現象に具体化されるからである。地球物理学や地球化学が内成的地質過程の原因・規則性・メカニズムなどを明らかにし，その結論を地質学的予測の基礎としうる能力をもっているかどうかは，これらの科学によってえられた結果を検証する重要な手掛りとみなすべきである。

本当の所をいえば，ここで問題にすべきことはいろんな地球に関する科学の代表者の共同研究だけでなく（もちろん，これは絶対に欠かすことのできないステップであるが），地質学・地球物理学・地球化学の方法論をいわば一つに融合させたような**新しい地球に関する統一科学**を創りだすことである。このような地球に関する統一科学はそのなかに古典地質学のすべての知識を保存するとともに，地球内部で起こる過程に対する定量的な物理学的・物理化学的研究態度を吸収する必要がある。

このような地球に関する統一科学を何とよんだらよいであろうか？ おそらく，一部の人々は「地質学（geology）という言葉が「地球に関する科学」を意味するという事実に基づいて，この名称を保存したいと望むであろう。この新しい科学はその内部ででも自己の方法論的独自性を保ちうる古典地質学の枠から著しくはみ出している。一方，完全に独立した科学として誕生した地球物理学や地球化学もその本来の課題と方法を保存している。したがって，**地球に関する統一科学に対して新しい名称をつくりだす方がより合理的なように思われる。**たとえば，このような名称としてすでに慣用語となっている astronomy とか aeronomy に似た「geonomy」などが適当かとも思われる。

われわれも地質学・地球物理学・地球化学などの共同研究の幾つかの経験をもっている。これらの経験からも地球に関する諸科学の統一が必ずしも容易にできるものではないことがわかる。そのためにはいくつかの大きな障害を克服する必要がある。そのうちもっとも大きな障害は異なる研究方法によって生み出される心理的な相違であろう。定性的な思考法にならされてきた地質学者には現象に対する定量的取り扱いを身につけることは困難である。これについては前にもすでに述べた。一方，物理学や化学者にとっては自分にとって慣れた定量的評価からはなれて，評価の正しさが数によらず，確固たる法則にしたがっているとはかぎらない定性的な特徴を組みあわせたり比較したりする手腕，とくに長い経験を経た研究者の直観に支配されるような迷宮のなかでのあまり正確でない比較や一般的類推の言葉づかいに移ることは困難である。このような困難に関連して，地質学者が物理学や化学のそれぞれの分野をマスターし，自分の研究課題にあわせてそれらの分野の創造的な仕上げを行なったり，あるいは物理学者や化学者が地質学的な諸要因を本来の多様な形のままで意識的に評価しうる能力をそなえた秀れた地質学者になりうるケースはきわめてまれである。このようなケースが普通になり，自分の研究のなかに地質学的方法と定量的方法とを創造的に統一しうるgeonomyの専門家が将来出現するようになるためには特別な努力を要することはもちろんである。

このような目標を遂行するためには，異なる科学がもっているそれぞれの方法を接近させる必要がある。たとえば，地質学の側からは古典地質学のなかにできるだけ広範に定量的方法を導入することによってこれを実現する必要がある。なぜならば，地質学的概念が数や尺度によってできるだけ正確に特徴づけられるようになった場合にはじめて，これらの概念は物理学的分析や物理化学的分析に適したものとなるからである。このような場合にこれらの概念は地質学者・物理学・化学者などの共同研究の対象となりうる。

現在でもすでに精密科学的方法が地質学の中に浸透しており，この浸透がどのような方向に行なわれるのがもっとも望ましく，かつ実現性にとんでいるかを決める助けになっている。

その筆頭にあげられるものとして絶対年代編年があげられる。地質過程は時とともに発展するから，その性質と性格を明らかにするには，もちろんこれらの過程のスピードを知ることが

非常に重要である。これは古典地質学に特有な「より以前」・「より以後」および「同時」という概念を年数で示しうるような絶対編年の詳しいスケールを作り上げることによってはじめて達成しうることである。近年絶対年代の測定で大きな成果が上げられている。その測定精度はいまのところまだ高くないが，地質時代の長さのオーダーについてはすでにわかっている。今後その測定法を改良し，それぞれのデータを蓄積し，それを古い相対的編年スケールと比較してゆくことは，ここで論じている範囲の研究のもっとも重要な方向の一つである。

次に必要な方向として，地殻の構成物質と地殻を構成する構造形態の定量的研究がある。鉱物や岩石を研究する場合，化学分析や各種の物理的決定（鉱物の構造・形態・大きさ・相互関係・層厚など）の形をとって定量的方法が用いられている。しかしながら，実際にはどんな場合にも必要にして可能なことがすべてこの方向でなされているとはいえない。たとえば，異なる地質区ごとにいろんな岩石の分布状態やそれが占める量が充分にわかっているとはいえない。また，火成作用・後火成作用・変成作用・交代作用のほか堆積作用・続成作用および風化作用に伴って生ずる鉱物群の再配分の定量的な特徴づけも非常に重要である。さらに，地質学者は個々の構造形態（structural forms）――テクトニックな構造形態や火成源の構造形態に充分な注意を払っていない。ところが，実際には構造形態やそのなかにおけるいろんな組成の物質の分布の大きさを正しく評価することなくしてはそれらの成因論を組み立てることは不可能である。地質学的概念にはスケールがないため，長い間，大きな複背斜と小型の褶曲の成因が同じだと考えられてきた。種々の構造形態の大きさを研究することによって，非常に重要な規則性を明らかにすることができるのである。たとえば，台地の陸背斜や陸向斜はそれぞれ地向斜中に発達する複背斜や複向斜より大きな面積をもっていることは周知のとおりである。しかしながら，個々の複向斜や複背斜あるいは陸向斜や陸背斜の大きさのちがいは一体どれ位あるのであろうか？　これに対して地質学者は何らの解答もだしていない。ところが，もしも構造形態の大きさが連続スペクトルをなすか，あるいは，不連続なグループに分かれるかを明らかにすることができたとすれば，これはその成因上の問題の解決に大きな力となるであろう。大型の構造形態がマントル中の対流によって生じたと仮定してみよう。そうすると，構造形態の大きさは対流の構成単位の大きさとその発生深度を示すであろう。

これと同じような問題として構造形態の空間的配列の規則性がある。たとえば，構造帯ののびに関するいろんな規則性が指摘されている。しかしながら，これらの規則性はあくまでも「印象」によって推定されているのであって，ここでも確率論に基づく客観的な方法を適用することができる。このような方法の導入は非常に大切な課題である。

地殻の構成物質や絶対編年と組み合わせたそれらの分布の定量的研究はある種の地質過程のスピードを考えるさいの材料を与えるであろう。たとえば，堆積岩層の厚さや容積は堆積速度と地殻運動――その沈降と隆起の速さの尺度となる。

定量的な地質調査を行なう場合，近代的な電子計算技術その他の近代的な手法が効力を発揮する場合が多いであろう。たとえば，フョードロフのユニバーサルステージを用いて岩石薄片中でいろんな向きをもった結晶を計算する非常に面倒な過程も自動化し迅速化することができるであろう。グラフ表示による統計的処理（visual statistics）も計算機の利用によって代行させることができる場合も多いであろう。この方面では工夫すべきことが非常に沢山ある。

次に，普通の条件の場合はもちろんのこと，いろんな温度圧力のもとでの**岩石の物性や物理化学性の定量的研究法**についてのべておく必要がある。この方面でもすでに多くのことが始められているが，岩石の性質，とくに天然条件のもとで産出し，変形をうけるさいの岩石の性質についてはほとんどわかっていない。とくに変形速度による岩石の塑性変化についてはわからないことが多い。地殻の進化過程で岩石の性質が変化するために問題は一層複雑になる。このため，ある種の平均花崗岩や平均石灰岩に関するデータも非常に信頼のおけないものとなっている。

近代的な実験技術によって岩石の性質を完全な型で研究することができるようになってい

る。

地質過程の定量的研究も非常に重要な面である。これについては物質の研究について述べたさいに部分的にふれておいた。しかしながらこれについてはもっと補足することができる。火成作用は揮発成分を含む珪酸塩の中で起こっている。この珪酸塩は地殻中で溶融し，移動し，結晶する。実験岩石学や地球化学は実験室でそれに対応する温度・圧力条件を作り出してこれらの過程を復元し，その研究を行なっている。これらの研究によっていろんな火成岩の生成過程を理解するうえで非常に多くのことがわかってきた。しかしながら，研究の量はまだ不充分である。多くの分野が研究されないままで放置されている。とくに，重要であるにもかかわらずまったく研究の進んでいない問題は天然の珪酸塩混合物の進化の過程で揮発成分が果たす役割に関するものである。

変成作用の原因と物理化学的メカニズムに関する問題もマグマの生成と進化に関する問題と非常によく似た状態にある。ここではこの過程に参与する物質の組成と温度のほかに物質の移動が大きな役割を演ずる。この物質の移動過程でたとえば非常に広範な分布を示す広域変成作用が起こる。広域変成作用は地殻深部における全般的な現象で，変成現象の性質を明らかにすることなくしては地殻深層に存在する条件の理解は到底期待しえない。この分野では実験的研究は少ないが，困難ではあっても不可能なことではない。

地殻中で起こる力学過程は岩石の変形をひき起こす。この変形は早くから深部過程の指標と考えられていた。たとえば，数10年間にわたって支配的な地位を占めていた地球の収縮説は地層のしわよせ現象に立脚していた。岩石中にみられる天然の変形をモデルを使って復元しようという試みも非常に古くから始められていた。しかしながら，物理的相似理論や固体の変形・破壊理論を用いてはじめて造構的モデル化の理論的基礎がおかれたのはごく最近になってからである。ここでもまだ実験的研究分野でなすべきことが沢山残されている。このような研究によってあらゆる主要な造構変形のメカニズムが次第に明らかにされ，それによってその成因を考えるための材料が与えられるにちがいない。

上に述べた実験的な面ではすべてその作業の拡大強化とともに，それぞれの技術的基礎も必要なことはいうまでもない。

地質調査の範囲を「深めること」も地質学と地球物理学・地球化学との接近を促がすにちがいない。この場合「深める」という言葉は文字通りの意味であって，ここでは従来よりももっと地下深部まで地質学的方法できわめることである。このことは非常に大切である。というのは，地球物理学や地球化学的方法をすべて用いてもこれらの方法は主として間接的であるため，物質のサンプルを地表にとりだしてぢかに研究することはできないからである。超深度ボーリングが深部地質調査の方法とならねばならない。現在のところ，おそらく地下15 km まで掘さくするために技術を改良し，それぞれの装置をつくることは原理的には可能である。この試錐によっておそらく花崗岩層の下部を直接調べたり，これまでその真の性質がまったくわからなかったいわゆる「玄武岩層」のなかまで調べることができるようになるであろう。場所によって――たとえば太洋地域や島弧地域ではこのような試錐は上部マントルまで貫き，その組成を明らかにできるであろう。**超深度ボーリングの技術的準備と組織化の課題はとくに重視する必要がある。**将来はみずからエネルギー源を補給しながら独自に地下深部に道を開いてそこから物質のサンプルを取りだしたり，あるいは地質学者をのせてゆくような自動装置を作ることも考えられる。

地質学は自らの伝統的な方法に止まっていても，**地殻のなかでみることのできるもっとも深い部分の構造と発達に注意を向けること**によって他の諸科学との接近を促がすことができる。ここで考慮しているのは著しい変成を受けた始生代の楯状地の基盤岩類である。その露頭では地殻の比較的深い部分の構造や発展の特性を理解するために普通の地質学的方法でなしうることがまだ非常に沢山ある。

上に述べたすべての研究面を発展させると同時に，**地質学者の活動に対する普通の見解につ**

いてもいくつか再検討を加える必要がある。国民経済の鉱物原料のベースを作るうえでの地質学の役割についてはよく知られている。工業化の時代にはわが国の地質学者には実践的性格の要求がとくに提起され全面的に是認されていた。事実どのような時期にあっても，わが国の経済に鉱物原料を保証することに直接たずさわってきた地質学者の活動は最高の尊敬に値するものである。

しかしながら，応用地質学だけを充分に重んじて，地質学の理論的課題の存在とその課題を解決する必要性を忘れてはならない。現在，地質学の理論的研究には明らかに充分な考慮が払われないという事態が生じている。地質学者のなかに理論的問題の設定に明らかな遠慮すら存在する。純理論的なテーマはある種の地質研究機関ですらいとわしいものと考えられ，理論的研究に興味をもつ地質研究者はなにか応用的な「看板」でカモフラージュしながらこっそりと研究を行なっていることが多い。このような状態は異常である。原子核あるいは蛋白分子の構造に関する理論的研究の重要性を疑う者はいないであろう。物理学や化学の分野では，すべての人々がこんにち理論の領域にあるものが明日は重要で実用に供せられるということをよく知っている。こんにちでは理論と実践はほとんど融合しあっていて，理論は実践への道を開く前衛部隊にすぎない。

ところが，われわれの地質学の分野において，たとえば鉱床とは直接関係がないけれども花崗岩の生成や迸入の非常に重要な過程を明らかにするうえで興味ぶかい花崗底盤の構造や生成条件の全面的な研究に多くの努力が捧げられているであろうか？　また，造構変形の生成機構の法則性や成因に関する問題や古地理的総括に多くの人々が専念しているであろうか？

いうまでもなく，現在はかってないほどエネルギッシュに理論地質学を発展させる必要がある。というのは，探鉱作業を実施するうえでの多くの問題の解決は理論地質学の成否如何にかかっているからである。

このような理論的課題の観点からみてもっとも有利な対象に対して理論的研究を実施する必要がある。このような論議は無駄なようでその実重要である。というのは，理論的研究の重要性を認めながらも，このような研究はいろんな応用上の課題を解決する過程で付随的に実施しうるものだと考えられがちだからである。このような場合には，研究対象は応用的課題に応じて選択されるため，理論的研究はこの材料が許す範囲でしか実施することができない。したがって理論的研究は著しく不利な立場におかれ，この研究がもたらしうるすべての成果を期待しえない結果になる。

これまでに述べたことからどのような実践的結論を導き出すことができるであろうか？

地質研究機関の構想としては，特別に選んだ対象について実施する理論的研究を強化する必要がある。地殻とくにその深層部の構造と発展の規則性の解明をこのような研究の中心にすえるべきである。これらの研究によって地質過程，とくに内成的地質過程の歴史とメカニズム，これらの過程の発達順序の規則性，および現在の地殻構造を生ずるうえでそれが果した役割などが明らかにされるにちがいない。

地質調査においては地質現象の構成要素の大きさ・形・量比のほか，その物質組成や空間的分布を決定して観察される現象をできるだけ正確に定量的特徴づけを行なうように心がけるべきである。それと同時に各種の客観的測定法や計算法や統計的処理方法をできるだけ広範にとり入れる必要がある。また，測定や計算の機械化法の探求も地質学における重要な課題である。

地質学における実験的方法の開発とその物質的保証の強化も重要である。鉱物学や岩石学における物理学的実験法や構造地質学における物理学的モデル化などは地質学者の方法論的武器庫のなかで普通のものとならねばならない。そのためにはもちろんそれぞれの実験室やおそらく研究所の組織化が必要である。そのためのもっとも緊急な課題は高温・高圧下における岩石の物性を調べるための設備のゆきとどいた実験室を作ることである。

放射性元素による絶対年代測定法のほか放射性同位元素による地殻中の物質移動や古地理条件の研究方法も今後発展させる必要がある。

超深度ボーリングも技術的検討を加え，その組織化を計らなければならない。

地質・地球物理・地球化学などの総合的研究はとくに重要な意義をもっている。地殻上部（「地質学的」）の構造および発達史と地殻深部とマントル上部の構造および物理条件との相互関係の解明をこのような研究の課題とすべきである。地殻表層の主要な造構現象と火成現象とが終局的にはマントル上部の諸過程に規制されていることが現在すでに明らかになっている。したがって，構造帯ごとにその下の上部マントルの構造と物理条件とに当然差異が期待される。このような差異は現在すでにいくつか知られている。たとえば，その例として大陸地域と大洋地域あるいはいろんな時代の台地と褶曲帯の深部構造のちがいなどをあげることができよう。しかしながら，これらの知識はまだ非常に不充分で，しかも非常に不正確である。

さらに，地質構造やその発達の特徴を地殻深層や上部マントルの構造や組成の特性と地熱その他地球物理的場の性格などと比較しながら，種々の構造帯，たとえば，楯状地・台地・時代の異なる褶曲帯・活性化帯（activated zone）・内海・大陸から大洋への移行帯・島弧・大洋・大洋盆・大洋海底山脈・その他異なる次元の局地的亜帯（上にあげた大構造帯内に存在する）などを地質・地球物理・地球化学的方法をすべて動員して比較研究を行なう必要がある。

いろんな構造帯は地殻の進化の異なる段階を反映するものであるから，このような比較研究によって地質時代を通じて地殻や上部マントルの深部構造や組成に起こった変化の順序をも明らかにすることができるであろう。この場合，一連の地質学的研究は内成過程（造構・火成・変成過程）のあらわれの研究に向けられるべきである。また，この種の研究にはできるだけ広範に実験的研究――物理化学的・物理学的・構造地質学的研究を併用し，もっとも進歩した近代的方法に立脚すべきである。

この種の総合的研究を発展させるためには，まず手はじめにいろんな構造帯に属するもっとも面白い地域をいくつか選び出し，試験的に一致した計画と共通の目的をもって地質学者・地球物理学・地球化学者のグループの力を合わせた調査を行なうべきであろう。

ことに，このような課題は“Upper Mantle Project”（正確には「上部マントルとそれが地殻に及ぼす影響」）として知られている国際的研究計画として取り上げられている。この計画には広範な人々が関心をもちその数はますますふえているが，現在までのところでは実際の活動は主としていくつかの地球物理学的部門（とくに地震学）だけに集中され，地球化学的研究や，とくに地質学的研究はこの計画の枠内ではほとんどなされていない。

おそらく，地球に関する統一科学を創りだすうえでの最大の難関はその要員の適当な資質にあるものと考えられる。大部分の地質学者は，現在のところ物理学・物理化学その他彼らに非常に必要な精密科学の原理的な諸問題に対して充分な準備をもちあわせていないということを認めないわけにはゆかない。地質学の論文中にみられる誤りから，地質学者は至る所で基本的な物理原則すらあまりに単純化して理解していることがわかる。前にも述べたように，これらの物理原則の定量的本質を無視することが地質学者の通弊である。他方，物理学や物理化学的素養をもって地球の構造や発展に関する全般的問題を取り扱っている地球物理学者や地球化学者は，地質学的資料や地質学的方法に対してまったく不充分な知識しかもちあわせないことが多い。

地質学者を養成する教育課程はたしかに時代おくれのものとなっている。実験的・定量的なデータと方法とに大きな注意を払うという条件のもとで，地質の全専門科目のプログラムを再検討する必要がある。中学校で教えるそれぞれの科目から幾らか進んだ形で大学初級で将来の地質専門家としての研究と切り離されたプログラムで教授されている物理・化学・数学などの一般教養過程に代って，地質学の各部門ごとにさしせまった問題の解決に必要な物理・物理化学・数学などの特別課程を高学年において教授すべきであろう。おそらく，このような課程で地球に関する物理学や化学の具体的なデータと基本的な知識とを結合させることができるであ

ろう。

物理学部で学んでいる地球物理学専攻の学生も現在行なわれているよりももっとつっこんだ地質学の知識を修得するようにすべきである。ことに，適当に選んだ地質の野外調査に参加させるようにすべきである。

物理学を専攻した学生を生物学の研究要員として育てるために生物研究機関で実習を行なうさいに用いられるいわゆる基礎研究所の試みは注目に値する。物理学や化学を専攻した学生が補助的研究室の実験要員としてではなく，地質学上の問題を解決するための直接的な一員として地質研究機関に入所するのは，固体の物理学や物理化学を専門とする研究所で地質学専攻の学生が見習勤務をする場合と同様に非常に有益であろう。

一面では，地球物理や地球化学のデータとそれを理解するために必要な物理・化学・物理化学の知識を伝へ，地球深部の物理や化学と地殻内での地質過程の関係を解明した地質学者向けの本と，一方では，地質学の方法論と確立された地質法則の本質を述べ，地質過程をよりよく理解するために物理学や化学の果しうる役割を明らかにした物理学者や化学者向けの本とを編さんすることが急務である。

最後にとくに強調しておきたいことは，上に述べたことを地球に関するある種の科学の「劣等性」あるいは「後進性」とその独立的存在の不当性を示す証拠だと誤解してはならないということである。たとえば，地質学は滅亡に瀕しており，行きづまり，地球物理学がこれにとって代るべきだというような意見には筆者は真向から反対するものである。この種の議論ほど無意味なものはない。地質学は地球に関する他の両科学と同様にそれによってうまく解決することのできる理論的・実践的な課題を沢山もっている。地質学が方法論的に決してゆきづまっていない何よりの証拠として，国家経済に鉱産資源を保証するにあたって地質学がたえずかちえている大きな成果をあげることができよう。地質学の定性的な性格は決してその後進性を示すものではない。それは地質学の研究対象の特性，とくに，その内的な複雑さと非再現性によるものである。地質学者を非難するどころか，むしろ，「より多い」とか「より少ない」「より強い」「より弱い」「より早期に」「よりおそく」「同時に」というような不確定な概念をうまく操作する能力と，主要なものと副次的なものとを直観的に区別するさいに地質学者が発揮する洞察力とは敬服に値する。何しろこのようなあまりはっきりしない方法論的基礎の上に立って地質学者は経済に鉱物原料の基礎を確保するという非常に難かしい課題を解決するための結論を導びきだしているのだから。この途上には客観的にも主観的にも非常に大きな困難があるからこそ，地質学者はもちろん早くから自分の課題を解決するためにできるかぎり時とところをえらばず定量的方法を用いてきた。

しかしながら，地球に関する科学が設定すべき全般的目標について考え，地殻中における造構現象や火成現象を引き起こす深部過程の原因とメカニズムの解明をその目的とみなすと，この目的に向かう途上には個々の科学分野に関連した特殊な課題のほかに地球に関する諸科学が統一さるべき分野が存在するという結論に必然的に到達する。そのためには，これら諸科学の問題の扱い方を接近させる必要がある。とくに，地質学はその研究に定量的方法を導入するうえでまだ利用されていない非常に多くの可能性をもっと用いるようにし，上にのべたその他の諸条件をみたすようにすべきである。これらの諸条件のうち若い専門家の教育の改良はもっとも重要だと考えられる。

地球に関する科学の統一はすぐには実現できるものではない。しかしながら，これは科学の客観的な発展の歩みに促がされて，かならず実現されるであろう。しかしながら，この統一が意識的にとりくまれ，若い専門家の新しい教育法の導入によって準備が整えられるならば，諸科学の統一は一層みのり多く，かつ調和のとれたものとなるであろう。

講演要旨*

大涌谷変質帯および大涌川流水の地球化学的環境

伊藤司郎　大久保太治

1) 箱根，大涌谷の変質帯および大涌川上流の流水のpH，Eh，温度，水比抵抗を測定し，その結果について種々考察した。

2) 大涌谷の変質帯の地球化学的環境の進化は，pH–Eh条件により，2つの径路があることをみいだした。その一つはpH3付近，Eh 100 mV付近から始まり，pH6付近，Eh500mV付近に至るもので，噴気が岩石に影響を与える場合の通常の変化径路と考えられる。他の一つはやはり同一の条件から出発し，pH1付近，Eh500 mV付近に進むもので，噴気の混入により強酸性となつた地下水の影響を受けた場合の変化径路と考えられる。

3) 上記の地球化学的環境と既存の地表地質図との間に有意の関係はみいだし得なかった。

4) 大涌川のpH, Eh, 水比抵抗，温度の流路における変化図を作り，その変化の程度は主として流量に関係することを示した。

5) 大涌川流路中ところどころに湧出している温泉水の各測定値はよく類似しており，pH2前後，Eh100mV前後（一点だけ−310mVを示したものがあった），水比抵抗 $10^4\Omega$-cm前後，温度50～80℃であった。（技術部）

物理探査法による箱根火山性地すべり地帯の研究

柴藤喜平　室住正義　小林　創

本研究は火山性地すべり地帯における物性をもとにした岩体の構造・分布を明らかにすることを目的としたもので，方法としては，火山地帯の硬度的地下構造を表現するにもっとも適切と考えられる比抵抗法を主とし，あわせて土壌岩石中の諸成分の分布に関係をもつことの多い自然電位法を用いた。また，岩石の諸変質による磁性の変化を研究するために広範囲にわたつて磁気測定を行なつた。その他火山性噴気ガスによる岩石放射能強度の変動断層裂カ等の存在の探知に役立つことの多い放射能探査も行なった。

比抵抗法の結果は岩石の変質の度合を表現する分布図を得られたが，抵抗の低い地下水の影響のため，深度的には，変質による硬軟の度合とは違った結果が得られたところがあったようである。

自然電位法の結果は安山岩の変質のきわめて弱い地帯のみに負電位（−40mV）が現われ，強い変質地帯はほとんど異常が認められなかった。

放射能探査の結果も，自然電位と同様に，変質の弱い安山岩地帯のみ，γ線強度がごく少し強く（12×10^{-3}mr/h），変質のはげしい場所は，きわめて低いγ線強度（5×10^{-3}mr/h）を示した。

磁気探査法の結果は火山性噴気による強度の変質地帯の，磁気変動は±300γ以内のわずかなものに止まるが，変質のあまり行なわれていない地帯においては各測点ごとに著しい磁性の変動を示した。

以上のように，種々の物理探査法を火山性地すべり地帯の探査に利用すれば，地表からみただけでは判別困難なファクターについて種々のデータが得られ，防災の観点から，その地区の総合判断をする場合に重要な資料となるものと考えられる。（物理探査部）

エネルギー資源について

春城　清之助

“石油の一滴，血の一滴”といわれるようにエネルギーは国の産業経済を支える原動力で，各国のエネルギー消費量はそれらの国々の国力を示している。また世界のエネルギー消費量は年々増加し，ほぼ10年後には現在の消費量の2倍とも予測されているが，日本もまた例外ではない。したがってエネルギーの不足することがあっても多すぎることはない。

世界におけるエネルギーの主力はすでに石炭から石油に移っているが，これらのエネルギー資源も20世紀でおわり，世界の大勢は原子力エネルギー時代に入りつつある状況である。しかし原子力利用にもコストそのほか種種の問題があって，開発利用は予定よりもかなりおくれている。

エネルギー資源に恵まれていない日本としては総合エネルギー対策，とくに資源面からみた長期計画を樹立し，エネルギー資源を確保することが必要である。すなわちエネルギーをより安く，より豊富に供給することは国民の生活，経済の向上につながるわけで，石油と原子力との時代の谷間をうめること，外国のコントロールをうけない安全供給ができる国内におけるエネルギー資源の開発が望ましい。

もちろん国外的には石油（天然ガスも含めて）資源確保に努力する一方，国内的にはすでにイタリー，ニュージーランドなどで開発利用されている地熱資源の探査，開発に全力を集中すべきである。（四国駐在員事務所）

---

* 月例研究発表会講演要旨
昭和41年7月12日本所において開催。

超深層地下水について

福田　理

超深層地下水とは，従来の深層地下水を胚胎する地層よりも下位の地層に賦存する広義の地下水から，化石海水を除いたものである。しからば，深層地下水を胚胎する地層と，超深層地下水を賦存する地層との境界は，実際問題として，どこに置かれるべきであろうか。幸い，わが国では，一般に深層地下水とされているものの大部分を胚胎しているミンデルーリス間氷期前後の堆積物と，その下に横たわる下部更新統～鮮新統に属する堆積物との間に，傾斜不整合が認められる場合が多いので，このような場合には，この不整合面をもって上に述べた境界とするのが便利である。この不整合は春日部時階の地変（福田，1962；1964）によって生じたものである。しかし，この不整合が認められない場合もあるので，一般的な定義としては，上総層群およびその相当層群，ならびにそれより下位の地層中に賦存する広義の地下水から，化石海水を除いたものを超深層地下水とすべきである。実際問題としては，揚水し易い大量の地下水があるので，地層中に賦存することは考え難いので，超深層地下水を胚胎する地層は，せいぜい中新統止りであろう。

超深層地下水の生い立ちを地質学的に調べてみると，これには次の種別が考えられる。

第1種　主として湖成層などの陸成層中に賦存するもの

第1a亜種　主として化石水からなるもの

第1b亜種　主として化石水を置換した天水からなるもの

第2種　主として海成層中に賦存するもので，化石海水を置換した天水からなるもの

以上のなかで，第1a，bの両亜種を区別することは Cl^- 濃度のような検出し易い指標となるものがないため技術的にもかなり厄介であるばかりでなく，当面考えられる利用面においても，その区別を必要としない場合が多い。しかし，定義から直接導かれるように，第2種に亜種の区別が認められないことと関連して，この区別は学術的にはきわめて重要なものと考えられる。

第2種の超深層地下水と化石海水とは，漸移しているように見られ勝ちであるが，理論的にも，また実例についてみても，両者の境界はかなりはっきりしている。これは，天水と化石海水との接触面を通して行なわれる溶存物質の移動は，拡散現象にほかならないことによるものである。

定常状態において行なわれる拡散は，次の Fick の拡散方程式によって示される法則に支配される。

$$s=-D_0\frac{\partial C}{\partial x} \qquad (1)$$

ここに，x：物質が拡散する方向にとった座標

C：拡散する物質の濃度

s：x 軸に垂直な単位断面積を通過して，単位時間内に移動する物質の量

D_0：拡散定数

接触後の時間 $t=0$ の時，$x=0$ の点を通る面を境として，負側の濃度 C_0 の溶液と，正側の濃度 0 の溶液とが接している場合，任意の t および x における濃度を C また誤差関数を erf で現わすと，(1)式の解は次の式で与えられる（河井，1963）。

$$\frac{C}{C_0}=\frac{1}{2}\left[1\pm\mathrm{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{D_0t}}\right)\right] \qquad (2)$$

実際問題としては，多孔質媒質中における拡散を考えなければならないが，この場合の拡散の起る断面積に対する見掛けの拡散定数 D は，真の拡散定数を D_0，地層係数を F，また孔隙率を ϕ とすると，次の式で与えられる。

$$D=\frac{D_0}{F\phi} \qquad (3)$$

また，見掛けの拡散定数 D を全面積について定義すれば，

$$D=\frac{D_0}{F} \qquad (4)$$

となる（Parkins and Johnston, 1963）。すなわち，多孔質媒質中における拡散を考える場合には，(2)式の D_0 を(4)式の D とすればよいことになる。

クリーンサンド中において，NaCl を溶存する水（濃度 C_0）と淡水とが水平方向に接した場合について計算してみると，接触後400万年を経過した後でも，$x=-400$m および $+400$m のところにおける NaCl の濃度は，C_0 のそれぞれおおよそ0.9および0.1となっているにすぎない。また，800 万年を経過した後でも，上記の濃度を有する地点は，それぞれおおよそ $x=-600$m および $+600$ mのところに移動するにすぎない。すなわち，塩水と淡水との漸移帯の幅は，接触後数 100 万年を経過した後でも僅かなものである。

地質調査所としても，この熱を利用できる新しい水資源の正体をさらに明らかにするとともに，その賦存が予測される諸平野における埋蔵量を把握して，その合理的な開発・利用に必要な基礎資料を早急に整備しなければならない。（燃 料 部）

地質調査所月報 第17巻 第10号 目次

報　文

東京湾口・君津湾南半部の海底新期（表層）堆積物と海底砂鉄
（第2報）
——君津湾内新期堆積物について——
付．主要な調査技術の概況について

概　報

秋田県鹿角郡八幡平付近の地質について
秋田県十和田町付近における地震探査について
——北鹿地帯における地震探査　第1報——
秋田県大館西方における地震探査について
——北鹿地帯における地震探査　第2報——

資　料

地質調査所における石炭調査研究の概要（昭和35年～40年）
坑井のガンマーガンマ検層理論について

地質調査所への連絡は

本　　所　神奈川県川崎市久本135番地　電話（044）83—3171番

東京分室　東京都新宿区河田町8番地　電話（341）7131～8番

北海道支所　北海道札幌市南1条西18丁目　電話（61）4465番

仙台駐在員事務所　仙台市外記丁105番地（仙台合同庁舎内）　電話（21）4701番

名古屋駐在員事務所　名古屋市中区南外堀町6の1（名古屋総合庁舎内）　電話（941）6416番

大阪駐在員事務所　大阪市東区杉山町1番地　電話（941）3969番

広島駐在員事務所　広島市基町9番地42（広島通産局内）　電話（21）1945番

四国駐在員事務所　高松市花の宮町2丁目3～3（大工試四国支所内）　電話（3）3254番

福岡駐在員事務所　福岡市石城町14の10番地（通産省福岡合同庁舎内）　電話（28）6743番

昭和41年9月25日　印　刷
昭和41年9月30日　発　行

工業技術院地質調査所

印刷者　小宮山幸造
東京都新宿区天神町78番地
印刷所　小宮山印刷工業株式会社
東京都新宿区天神町78番地

© 1966　Geological Survey of Japan

U.D.C. 55 (05)

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Konosuke Sato, Director

Vol. 17 SEPTEMBER 1966 No. 9

CONTENTS

M. Kawano, K. Takahashi & T. Nozawa: Petrochemistry of Minami-ōsumi Granite in the Uchinoura Area, Kyushu, Japan 1 (533)

H. Matsubara: Granites and Pegmatites in the Area of Mt. Kimpu-zan, Yamanashi Prefecture 11 (543)

K. Mori & K. Ikeda: Investigation on Ground Water between the Southeastern Part of the Sendai City and the Coastal Districts of Fukushima Prefecture 19 (551)

Y. Suda & T. Hosono: Gravity Survey in the Nakoso District, Fukushima Prefecture 43 (575)

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan

地質調月
Bull. Geol. Surv. J
Vol. 17, No. 9, 1966